

## Lente Gábor és Ősz Katalin

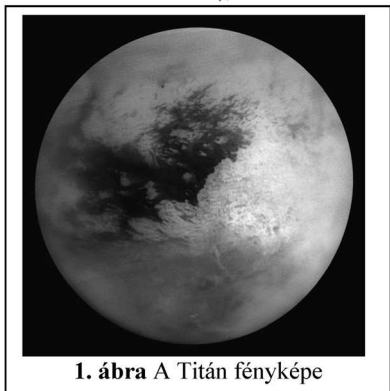
### Űrszondabaleset a Titán egyik metántavában

*Készült a Kozmikus Baleseteket Kivizsgáló Intézet (KOBALKIVI) 2222. február 22-én kiadott jelentése alapján*

#### 1. Háttérinformációk

##### 1.1. A Titán

A Titán a Szaturnusz legnagyobb holdja, a Cassini űrszonda által 2005-ben készített fényképe az 1. ábrán látható. A földlakók számára létezését Christiaan Huygens (1629–1695) holland tudós fedezte fel 1655. március 25-én. A Föld felszínéről szabad szemmel nem, de már kis távcsővel is látható a Szaturnusz mellett, helyét naponta változtató fénypontként. Átmérője 5150 km (a Föld átmérőjének 40%-a), tömege  $1,310^{23}$  kg (a Föld tömegének 2%-a), a Szaturnusztól mért átlagos távolsága 1,2 millió km, Szaturnusz körüli keringési



1. ábra A Titán fényképe

ideje pedig 382 óra. A Naprendszer második legnagyobb méretű holdja, egyedül a Jupiter körül keringő Ganümedesz nagyobb nála.

A XX. században fedezték fel, hogy a Titánon nagy mennyiségű szénhidrogén, főleg metán és etán található. A Titán hőmérsékleti és nyomásviszonyai alapján már ekkor is sejtették, hogy ezek jelentős része folyékony halmazállapotban lehet jelen a felszínen. 2010-ben végzett radarmérések arra utaltak, hogy a szénhidrogénekből álló tavak az

évszakoktól függően elpárologhatnak és újra lecsapódhatnak, így a Titán féltékéi között látszólagos vándorlást végeznek. Ugyanezen mérések azt mutatták, hogy az egyik legnagyobb metántó, amelynek neve Ontario, nagyon sekély: átlagos mélysége 0,4 – 3,2 m, legmélyebb pontja pedig mindössze 2,9 – 7,4 m lehet. Így a tó sokkal nagyobb területű, s ugyanakkor sekélyebb, mint a Balaton. Az északi féltéken található Ligeia nevű tó mélyebb volt, mint a radarral maximálisan mérhető 8 m.

A Titán az egyetlen hold a Naprendszerben, amelynek jelentős légköre van; ez főként nitrogénből áll, kisebb mennyiségben pedig szénhidrogéneket, elsősorban metánt tartalmaz. Folyékony víz egyensúlyban semmilyen nyomáson nem létezhet  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb hőmérsékleten. Erről a víz fázisdiagramja tanúskodik, amely a Középiskolai Kémiai Lapok 2008. évi 1. számában publikált, *Jég-kilenc a Macskabölcsőben* című írásban is megtalálható. Folyékony víz így a Titánon sem lehet, mert a hőmérséklet rajta mindig jóval kisebb  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, de szilárdan, jég formájában a hold kőzeteinek egyik fő alkotóanyaga. A nagyon alacsony hőmérséklet miatt a légkörben is csak igen csekély mennyiségű víz lehet.

### *1.2. A Titán szirénjei*

Már a XXI. század elején gondoltak arra, hogy a Titán felszínén lévő metántavakban – a Föld tengereihez hasonlóan – létezhetnek élő szervezetek. Az ilyen élőlények oxigén helyett hidrogént lélegeznének be, glükóz helyett acetilént használnának energiaforrásként, s szén-dioxid helyett metánt lélegeznének ki. (A szén-dioxid a Titán felszínén uralkodó körülmények között egyébként is szilárd anyag.) A Földön is ismeretesek úgynevezett metanogén baktériumok, amelyek ugyan vízben élnek, de folyékony metánban a bennük lévő szerves molekulákat nem kellene a hidrolízistől védeni. 2010-ben megállapították, hogy a Titán légkörének magasabb régióiban sokkal több hidrogén van, mint a felszín közelében; ebből az is következhet, hogy a felszínen valamilyen folyamatok elfogyasztják a hidrogént. Hasonlóképpen az acetilén koncentrációját is váratlanul kicsinek mérték a felszínen. Azonban az még nyitott kérdés, hogy az acetilén és a hidrogén reakcióját milyen anyaggal lehet katalizálni  $95\text{ K}$  körüli hőmérsékleten.

A Titánon élő intelligens lényekkel a XXIII. század első évtizedében sikerült kapcsolatot teremteni. Kurt Vonnegut (1922–2007) amerikai író 1959-ben kiadott regényének címét követve a lények elterjedt neve a „Titán szirénjei” lett. A velük való kapcsolat kizárólag rádiókommunikációra korlátozódik, testük felépítéséről vagy biokémiájáról semmilyen adat nincsen. A Szaturnusz körül keringő emberi űrszondák megfigyelései alapján biztosra vehető, hogy 2211-ben a Mimasz megabaktériumainak invázióját a Titán lényei elemi erővel verték vissza. A hódító flotta megmaradt űrhajóinak a javítását emberi támaszpontokon végezték, és a rajtuk található sérülésnyomok alapján legalább négy különböző típusú fegyver használatára lehetett következtetni, amelyek közül a kaontorpedónak elnevezett robbanó eszköz volt a leghatásosabb. Politikai elemzők ezen háború és a Titán szirénjeivel folytatott, egyébként nem ellenséges üzenetváltások alapján biztosra veszik, hogy a lények tisztában vannak azzal,

hogy a holdjuk felszínén lévő szénhidrogén-készletek igen értékesek az emberiség számára, és akár fegyveres konfliktus vállalása árán is készek távol tartani minden nem kívánatos beavatkozást.

## 2. A baleset

A Szaturnusz-Titán-Rádiószonda (SzaTiR-112358) 2221. június 22-én sikeresen leszállt a Titán felszínére. Elsődleges feladata tudományos megfigyelés volt ugyan, de politikai elemzők már a küldetés tervezésekor figyelmeztettek arra, hogy a Titán szirénjei a leszállást minden bizonnyal újabb hódítási kísérletnek tartják majd. A szonda a biztonságos landolást megerősítő jelzések leadása után még 5 perc 28 másodpercig a terveknek megfelelően működött, majd hirtelen beszüntette rádióadását. Röviddel ez után a Titán szirénjei rádióüzenetben tudatták, hogy a szonda egy folyékony metánnal teli tóban úszva jéghegynek ütközött és működésképtelenné vált. A szondával történtek tisztázására az egyetlen lehetőség a helyszínen történő személyes vizsgálat volt.

## 3. Pirx kapitány jelentésének kivonata

Pirx kapitány akkor még csak elképzelt kalandjairól Stanislaw Lem (1921–2006) lengyel író 1966 és 1968 között írta azon műveit, amelyek a XX. század végére kötelező olvasmányok lettek Lengyelország középiskolaiban. A valódi Pirx kapitány a baleset idején űrhajójával és tizennyolc főnyi legénységgel éppen a Neptunusz felé repült kereskedelmi céllal. Parancsot kapott a haladéktalan pályamódosításra és a szonda megkeresésére a Titánon. Együttal felhívták a figyelmét, hogy szigorúan kerüljön minden olyan tevékenységet, amelyet a Titán szirénjei ellenségesnek tarthatnak.

Pirx kapitány bonyolult és kellően előkészítetlen, de végül is sikeres űrmanőverek sorozata után 2221. december 24-én pályára állt a Titán körül. Űrhajója távérzékelők segítségével a tervezett leszállási hely közvetlen közelében hamarosan meg is találta az űrszonda maradványait. Ezután egyszemélyes űrkabinjában leszállt a felszínre a szonda mellett. Felszerelésében tudományos eszközök alig voltak, ezért csak a hőmérsékletet (128 K) és a légnyomást (154 kPa) tudta megmérni. Leírásában a szonda megtalálási helyét a Marson lévő kiszáradt tövükhöz hasonlította, a környéken ugyanakkor nem találta tényleges tavak nyomát. A sérült űrszondát űrkabinjában visszavitte az űrhajó fedélzetére. Az egyetlen értelmes adat, amit technikusának sikerült kinyernie a szonda memóriájából, a közvetlenül a leszállás után rögzített környezeti hőmérséklet (94 K) és nyomás (142 kPa) volt. A legénység egyik tagja korábban részt vett a mimaszi megabaktériumok flottájának szervizelésében, ő a szonda sérüléseit egy kaontorpedó becsapódásának

tulajdonította. A szonda megtalálási helyétől távol, a Titán téli oldalán metántavakat azonosítottak. Pirx kapitány néhány nappal később már folytatta is útját eredeti úticélja felé.

#### 4. Kísérleti leírás

Noha a metán tulajdonságai jól ismertek a szakirodalomból, a KOBALKIVI vezetői arra a belátásra jutottak, hogy ilyen súlyú politikai következményekkel járó tudományos kérdésben csak közvetlen kísérleti adatok alapján mondhatnak megalapozott véleményt. Az első kísérletsorban speciálisan kiképzett, zárt tartályban melegítettek 64,0 g tiszta metánt, s közben nagy pontossággal mérték a nyomást. A tartály teljes térfogata  $2800 \text{ cm}^3$  volt, s nem változott a melegítés hatására. A kiindulási hőmérsékletet  $80,00 \text{ K}$ , a fűtési sebesség  $10,0 \text{ J/s-os}$ , állandó érték volt. A melegítés közben regisztrált adatok a következők:

$t \text{ (s)}$	0	100	200	207	350	578	700	1000
$T \text{ (K)}$	80,00	85,41	90,32	90,67	90,67	90,67	95,26	105,17
$p \text{ (Pa)}$	2615	5922	11420	11702	11702	11702	20641	57186

$t \text{ (s)}$	2000	3000	4000	5000	5212	5250	5300
$T \text{ (K)}$	127,77	142,53	153,44	161,68	164,40	167,51	171,31
$p \text{ (Pa)}$	322674	742101	1238641	1741874	1949783	1986668	2031736

Egy másik sorozatban ugyanezt az eszköz használva megismételték a kísérletet úgy, hogy 64,0 g metán mellé még  $1,471 \text{ g}$  héliumot is a tartályba zártak. Az adatok:

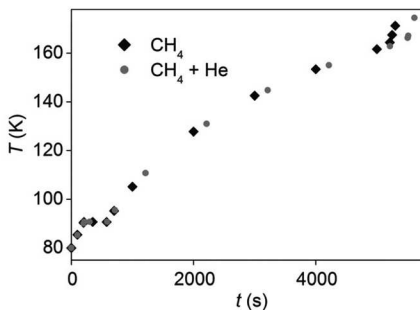
$t \text{ (s)}$	0	100	200	213	300	585	714	1214
$T \text{ (K)}$	80,00	85,29	90,10	90,74	90,74	90,74	95,49	110,74
$p \text{ (Pa)}$	93865	103092	113840	115162	115757	116242	131718	224309

$t \text{ (s)}$	2214	3214	4214	5214	5504	5514	5614
$T \text{ (K)}$	131,00	144,78	155,1	162,89	166,30	167,20	174,54
$p \text{ (Pa)}$	552137	1004774	1512705	2006827	2156867	2168540	2263738

Az adatok rögzítése során a tartály vizuális megfigyelésére nem volt lehetőség.

#### 5. A kísérleti adatok részletes elemzése

A kísérleti adatok alapján megszerkeszthető két melegedési görbe (vagyis az idő függvényében a hőmérséklet) a 2. ábrán látható. Az  $x$  tengely az állandó fűtési sebesség miatt 10-zel való szorzással akár energiává is átalakítható.



**2. ábra** A kísérleti pontok alapján rajzolt melegedési görbék

Mindkét melegedési görbén két jellegzetes pont azonosítható. Az első ilyen pont az, ahol a hőmérséklet időben állandóvá válik néhány percre (90,67 K az első görbén, 90,74 K a másodikon). Ilyen körülmények között a hőközlés ellenére sem változik a hőmérséklet, márpedig ez csak fázisátmenet következménye lehet: ezen a hőmérsékleten a szilárd állapotban lévő metán megolvad. A másik jellegzetes pont a nagy hőmérsékleten (164,40 K illetve 166,30 K) jelentkező töréspont, amely után a hőmérséklet-növekedés sokkal rohamosabbá válik. Eddig a pontig a tartályban folyékony és gázhalmazállapotú metán is jelen van, utána viszont már csak a gázfázis. Erről úgy is meg lehet győződni, hogy a tökéletes gázok állapotegyenletével kiszámoljuk az adott teljes térfogathoz, nyomáshoz és hőmérséklethez tartozó anyagmennyiséget. Az első kísérlet utolsó pontjára ez a következő:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{2031736 \text{ Pa} \cdot 0,002800 \text{ m}^3}{8,31441 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 171,31 \text{ K}} = 3,994 \text{ mol}$$

Ez gyakorlatilag megegyezik a metánra a 64,0 g tömegből és 16,04 g/mol moláris tömegből számolható anyagmennyiséggel. Hasonlóan a második kísérlet utolsó pontjából:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{2263738 \text{ Pa} \cdot 0,002800 \text{ m}^3}{8,31441 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 174,54 \text{ K}} = 4,368 \text{ mol}$$

Ez a 64,0 g metán és az 1,471 g hélium összesített anyagmennyiségével egyezik meg.

A töréspontot 164,40 K, illetve 166,30 K hőmérsékleteken az okozza, hogy utána már nincs folyadékfázis. A hőmérséklet-növekedés azért válik sokkal gyorsabbá ezután, mert a folyadék párolgása, amely viszonylag nagy hő igényel, többé már nem játszódik le, vagyis csak a gáz (illetve a második esetben a gázkeverék) melegszik. A szilárd anyag és a folyadék párolgása folyamatos a kísérlet során, de a folyadék forrása egyik esetben sem következik be, mert ez a jelenség csak nyílt rendszerekben, állandó külső nyomás fenntartása esetén lehetséges. Az első kísérletben a mért nyomásértékek 164,40 K alatt a szilárd vagy folyékony metán gőznyomásával egyenlőek. Az első kísérletben mért olvadáspont és az itt tapasztalt gőznyomás egyúttal a metán hármaspontját is definiálják, vagyis azt az egyedi nyomás- és hőmérsékletértéket, ahol a metán egyszerre három fázisban (szilárd, folyadék és gáz) jelen van egyensúlyban. A metán kritikus pontjának állandói nem becsülhetők meg az adatokból, csak annyi állapítható meg, hogy a kritikus hőmérséklet 164,40 K, a kritikus nyomás 1,95 MPa, a kritikus sűrűség pedig  $64,0 \text{ g} / 2800 \text{ cm}^3 = 0,023 \text{ g/cm}^3$ -nél nagyobb. Ezek az alsó becslések nem mondanak ellent az irodalmi adatoknak, amelyek szerint a metán kritikus hőmérséklete 190,56 K, kritikus nyomása 4,60 MPa, kritikus sűrűsége pedig  $0,16 \text{ g/cm}^3$ .

A metán az első kísérletben legalább 371, a második kísérletben 372 s-ig olvad, ennek alapján az olvadáshő a gáztérben lévő metán mennyiségének elhanyagolásával a következőképp becsülhető meg:

$$Q_{olv} = \frac{371 \text{ s} \cdot 10 \text{ J s}^{-1}}{4,0 \text{ mol}} = 0,93 \text{ kJ mol}^{-1}$$

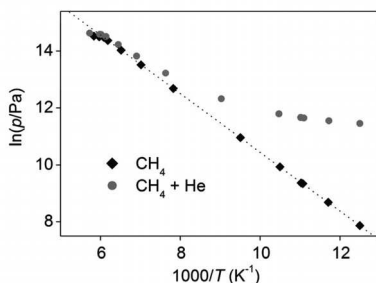
Ez az érték valamivel kisebb lehet, mint a tényleges olvadáshő, mert a számítás az olvadáshoz szükséges hő alulbecsli (lehet, hogy kicsit hosszabb ideig tartott az olvadás az adatokban állandó hőmérsékletűként jelzett szakasznál), az anyagmennyiséget viszont felülbecsli (nem a metán teljes anyagmennyisége olvad meg, mert egy része gázfázisban van).

A Clausius–Clapeyron-egyenlet egyik alakja szerint egy anyag gőznyomása ( $p$ ) a következőképpen változik a hőmérséklettel ( $T$ ):

$$\ln \frac{p}{p_{\text{hrm}}} = -\frac{Q_{\text{pár}}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{hrm}}} \right)$$

A képletben  $Q_{\text{pár}}$  a párolgáshőt,  $p_{\text{hrm}}$  a hármasponti nyomást,  $T_{\text{hrm}}$  a hármasponti hőmérsékletet,  $R$  pedig az egyetemes gázállandót jelenti. Így a hőmérséklet reciprokának függvényében ábrázolva a gőznyomás logaritmusát, egyenest

kapunk, amelynek meredeksége a párolgáshő és az egyetemes gázállandó hányadosának ellentettje. Ezt az ábrázolást a 3. ábra mutatja be.



**3. ábra** A metán gőznyomásának természetes alapú logaritmusa a hőmérséklet reciprokának függvényében

Az első kísérletsor adatai igen jól illeszkednek egy egyenesre abban a tartományban, ahol a mért nyomás valóban egyenlő a gőznyomással (80,00–164,40 K). 164,40 K fölött már nem a metán gőznyomását méri a berendezés, ezért eltérés tapasztalható. A 3. ábrán látható, illesztett egyenes meredeksége 1032 K, így a metán párolgáshője a gázállandóval való szorzás után  $8,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ -nak becsülhető. A második kísérletben hasonló következtetéseket nem lehet levonni, mert ott a hélium is befolyásolja a nyomást.

Egy másik fontos következtetést viszont le lehet vonni a hélium jelenlétében mért adatokból. Az első kísérletben olvadás közben a nyomás állandó, hiszen ez egyenlő a metán gőznyomásával az adott hőmérsékleten, függetlenül a gőztér térfogatától. A második esetben a nyomás csekély mértékben növekszik olvadás közben. A metán parciális nyomása itt sem változhat az állandó hőmérséklet miatt, a nyomásnövekedést így a hélium parciális nyomásának a növekedése okozza. Ez viszont állandó hőmérsékleten csak akkor növekedhet, ha a gáztér térfogata csökken. A gáztér térfogata csak úgy csökkenhet, ha a kondenzált fázis térfogata közben növekszik. Ez azt jelenti, hogy a metán olvadás közben kitágul, vagyis a szilárd metán sűrűsége nagyobb, mint a folyékony metáné ugyanolyan hőmérsékleten. A kísérletekből a két sűrűség meg is becsülhető: először a 3. ábrán bemutatott adatokból és a Clausius–Clapeyron-egyenletből kiszámítjuk a metán gőznyomását 90,74 K hőmérsékleten, ez 11805 Pa-nak adódik. A második kísérletben tehát ennyi a metán parciális nyomása olvadás közben. Így a hélium parciális nyomása a folyamat elején  $115162 - 11805 = 103357 \text{ Pa}$ , a végén pedig  $116242 - 11805 = 104437 \text{ Pa}$ . A hélium anyagmennyisége a bemért tömegből

kiszámolható ( $1,471 \text{ g} / 4,003 \text{ g mol}^{-1} = 0,3675 \text{ mol}$ ): erről feltételezhető, hogy teljes egészében gázfázisban van, mert a hélium kritikus hőmérséklete minden anyag közül a legalacsonyabb ( $5,2 \text{ K}$ ), oldhatósága folyékony metánban pedig az amerikai űrkutatási ügynökség, a NASA adatai szerint  $90 \text{ K}$  hőmérsékleten és  $100\,000 \text{ Pa}$  nyomáson kisebb  $0,01$  mólszázaléknál. A tökéletes gázokra vonatkozó állapotegyenlet alapján kiszámolható a gázfázis térfogata:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{0,3675 \text{ mol} \cdot 8,31441 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 90,74 \text{ K}}{103357 \text{ Pa}} = 0,002683 \text{ m}^3$$

Ugyanilyen számolás a gázfázis térfogatát az olvadás végén  $0,002655 \text{ m}^3$ -nek adja. A tartály teljes térfogata  $2800 \text{ cm}^3$ , ezért a kondenzált fázis térfogata az olvadás elején  $2800 - 2683 = 127 \text{ cm}^3$ , az olvadás végén pedig  $2800 - 2655 = 145 \text{ cm}^3$ . Az olvadás elején a metán parciális nyomásából és a gázfázis térfogatából a gázhalmazállapotú metán anyagmennyiségére  $0,04198 \text{ mol}$  számolható, a az olvadás végén ez  $0,04154 \text{ mol}$ . A szilárd metán sűrűsége tehát:

$$\rho_{\text{szil}} = \frac{m}{V} = \frac{64,0 \text{ g} - 0,0420 \text{ mol} \cdot 16,0 \text{ g mol}^{-1}}{127 \text{ cm}^3} = 0,499 \text{ g cm}^{-3}$$

Hasonló számolással a folyékony metán sűrűsége  $90,74 \text{ K}$  hőmérsékleten:

$$\rho_{\text{foly}} = \frac{m}{V} = \frac{64,0 \text{ g} - 0,0415 \text{ mol} \cdot 16,0 \text{ g mol}^{-1}}{145 \text{ cm}^3} = 0,437 \text{ g cm}^{-3}$$

Ugyanezzel a gondolatmenettel a folyékony metán sűrűsége  $95,49 \text{ K}$ -en  $0,370 \text{ g cm}^{-3}$ -nek becsülhető. Ilyen típusú számítások az első kísérletsor adatai alapján nem végezhetők, mert ott nem lehetséges a két külön fázisban lévő metán anyagmennyiségét megbecsülni a kísérleti adatokból.

További következtetések vonhatók le abból a tényből, hogy a második kísérletben a hélium jelenléte miatt uralkodó nagyobb nyomás a metán olvadáspontjának csekély mértékű növekedését okozta az első kísérlethez képest. Az ilyen, külső nyomás hatására bekövetkező olvadáspont-növekedést a Clapeyron-egyenlet írja le:

$$\frac{\Delta T_{\text{olv}}}{\Delta p} = \frac{T_{\text{olv}} \Delta V_{\text{m,olv}}}{Q_{\text{olv}}}$$

Az egyenletben  $\Delta T_{\text{olv}}$  az olvadáspontban mérhető változás  $\Delta p$  nyomáskülönbség hatására,  $T_{\text{olv}}$  a tiszta metán olvadáspontja,  $Q_{\text{olv}}$  a metán olvadáshője,  $\Delta V_{\text{m,olv}}$  pedig az olvadást kísérő móltérfogat-változás. A nyomás növelésének hatására



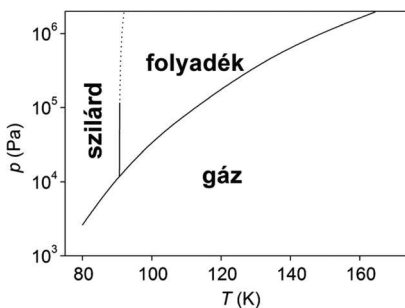
növekedett az olvadáspont,  $T_{olv}$  és  $Q_{olv}$  pedig pozitív értékek, ezért  $V_{m,olv}$ -nak is pozitívnak kell lennie, vagyis 1 mol folyékony metán nagyobb térfogatot foglal el, mint 1 mol szilárd metán. Ez kvalitatívan összhangban van a két fázis sűrűségeire korábban kiszámolt értékekkel. Felhasználva a korábban már meghatározott mennyiségeket:

$$\Delta V_{m,olv} = \frac{\Delta T_{olv}}{\Delta p} \frac{Q_{olv}}{T_{olv}} = \frac{0,07 \text{ K} \cdot 930 \text{ J mol}^{-1}}{(115162 - 11702) \text{ Pa} \cdot 90,67 \text{ K}} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

A két fázis már kiszámolt sűrűségéből a szilárd metán móltérfogata  $16,0 \text{ g mol}^{-1} / 0,499 \text{ g cm}^3 = 32,1 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , a folyékony metáné  $16,0 \text{ g mol}^{-1} / 0,437 \text{ g cm}^3 = 36,6 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ . A két érték különbsége  $4,5 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , amely egy kicsit kisebb, mint az olvadáspont-növekedésből ugyannerre a mennyiségre számolt érték ( $7 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ). Az eltérés fő oka az lehet, hogy a Clapeyron-egyenletet csak olyan közelítő formájában lehetett használni, ahol meglehetősen nagy nyomásváltozás szerepel.

## 6. A balesetre levonható következtetések

A kísérleti adatok alapján felrajzolható a metán fázisdiagramjának egy része, ez látható a 4. ábrán. A fázisdiagram  $x$  tengelyén a hőmérséklet,  $y$  tengelyén a nyomás szerepel, s belőle le lehet olvasni azt, hogy meghatározott körülmények között melyik fázis a stabil.



4. ábra A metán fázisdiagramjának egy részlete

A fázisdiagram alapján a következő megállapításokat lehet tenni:

1. A Pirx kapitány által mért nyomáson és hőmérsékleten (128 K és 154 kPa) a metán gázfázisban stabil. Így ha korábban volt is tó a helyen, az a kapitány odaérkezéséig elpárologhatott.

2. A szonda adataiból kinyert nyomáson és hőmérsékleten (94 K és 142 kPa, bár ezek helyessége később kifejtett okok miatt kétségbe vonható) a metán folyékony állapotban stabil. Ilyen körülmények között lehetett metántó a szonda leszállási helyén. Szilárd metán ekkor nem létezhetett egyensúlyban. Azonban ismert az a jelenség, hogy a földi tengerekben hosszú ideig előfordulnak úszó jéghegyek fagyponthoz közeli hőmérsékleteken is. A baleset idejében a Titánon a hőmérséklet kb. 3 K-nel volt csak magasabb, mint a metán olvadáspontja. Ezért nem lehetetlen, hogy még olvadásfélben lévő metánjég is volt a tóban. Ennek valószínűsége azonban nem nagy, mert a szilárd metán olvadáshője elég kicsi, tehát a nem egyensúlyi állapot csak rövid ideig állhat fenn.

3. A folyékony metán sűrűsége 94 K-en kisebb, mint 90,67 K-en ( $0,437 \text{ g cm}^{-3}$ ), de nagyobb, mint 95,49 K-en ( $0,370 \text{ g cm}^{-3}$ ). Az űrszonda átlagos sűrűsége  $0,34 \text{ g cm}^{-3}$ , ezért valóban úszhatott a metántóban.

4. Mind a szilárd metán, mind a vízjég sűrűsége nagyobb, mint a folyékony metáné, ezért metánból vagy vízből álló jégtömb semmiképpen nem úszhat egy metántó felszínén.

A Titán szirénjei által adott magyarázat tehát nem hiteles. Valószínű, hogy a szondát a leszállást követően kaontorpedóval elpusztították, s utána találták ki a történetet a jéghegygel való ütközésről, amelyet arra alapoztak, hogy az emberek számára egy folyadékban úszó jéghegy látványa szokásosnak számít. Ezt a jég azon anomális tulajdonsága okozza, hogy olvadáskor csökken a térfogata. A Titán szirénjei bizonyíthatóan tudnak a víz ezen sajátosságáról, mert a közelmúltban a Földkultúra-terjesztési program keretében az 1997-ben készült, Oscar-díjas, Titanic című filmet is megkapták számukra érthetővé tett formában.

Végül azt is észrevételezni kell, hogy a szondából kinyert hőmérsékleti és nyomásadatok kétségbe vonhatók. A Pirx kapitány által feljegyzett értékek egyértelműen nyári évszakra utalnak, míg a szondából kinyert adatok télre. Egy égitesten az évszakok váltakozását a Naphoz viszonyított helyzet határozza meg. A Titán a Szaturnusszal együtt mozog a Nap körül, a keringés idő 29,4 év. Ezért a Titánon az időjárás nem fordulhat néhány hónap alatt téliből nyáribá. Könnyen elképzelhető, hogy a Titán szirénjei a kitalált történetük alátámasztására ezeket az adatokat meghamisították az alatt a néhány hónap alatt, amíg a szondához háborítatlanul hozzáfértek. Ezt a feltételezést támasztja alá az a tény is, hogy Pirx kapitányt nem érte támadás a Titán felszínén, noha öt és fél percnél jóval hosszabb ideig tartózkodott ott.

## Mi lett belőled ifjú vegyÉSZ? – Sztáray Bálint, a kaliforniai University of the Pacific docense



*1. Mikor nyertél vagy értél el helyezést kémiai diákolimpián/OKTV-n/Irinyi-versenyen?*

'92-ben kaptam aranyat a diákolimpián, amikor a csapatunk második lett az országok között. Ebben az évben lettem (talán) ötödik az OKTV-n, egy évvel előtte pedig tizenegyedik. Ami azért volt idegesítő, mert az első tízet vették fel nyomban az egyetemre – akkor még voltak keretszámok persze... ☺

'89-ben és '90-ben pedig az Irinyin voltam ötödik.

*2. Ki volt a felkészítő tanárod? Hogyan gondolsz vissza rá?*

Villányi Attila készített fel a versenyekre, és azóta is hittel vallom, hogy ő a legjobb kémiatanár az országban. És a legtöbbet utazott is. Különösen első osztályon. Azóta is (lazán) kapcsolatban vagyunk, tavaly például egy kaliforniai doktoranduszom főzött neki indiai vacsorát Svájcban.

*3. Milyen indíttatásból kezdted el a kémiával komolyabban foglalkozni?*

Általános iskolai kémiatanárom, Héger Ágnes a ludas benne, aki fantasztikus jó tanár volt, és kihozta a maximumot a pici kémiaszertárból. Ha ő nincs, akkor valószínűleg fizikusnak megyek.

*4. Ismerted-e diákkorodban a KÖKÉL-t?*

Persze, de mindig lusta voltam beküldeni a feladatokat. És ahogy most is, már akkor is hadilábon álltam a pontossággal.

*5. Hozzásegítettek-e a pályaválasztásodhoz a versenyeken elért eredmények?*

Igen. Mivel fizikából sosem voltam az első tízben az országos versenyeken, így aztán vegyésznek mentem.

*6. Mi a végzettséged és a pillanatnyi foglalkozásod? (Maradtál-e a kémiai pályán? Ha nem, miért?)*

Az ELTE-n doktoráltam jó évtizeddel ezelőtt, és éppen docens vagyok egy kaliforniai egyetemen, ahol kémiát tanítok, és fizikai kémiát (kémiai fizikát) kutatok nagy lelkesedéssel. Gázfázisú molekulákat fotoionizálunk, majd elkapjuk a fotoelektront és a fotoiont, koincidenciában.

### 7. Nyertél-e más versenyt, ösztöndíjat (hazait, külföldit)?

Ösztöndíjakat nyertem, igen. És, amire különösen büszke vagyok, kétszer megnyertük a Túlélőversenyt, egyszer Nagyhalál, egyszer pedig Döghalál kategóriában. Ez utóbbi során sokat segített, hogy vegyészek voltak a csapatban, ugyanis egy szuperbónuszt egy odvas fa mély odvából egy tégelyfogó csipesszel emelt ki Csékei Marci valamelyikünk vállán állva.

### 8. Van-e kémikus példaképed (akár kortárs is)? Miért pont ő?

Van több is: Peter Armentrout és Tom Baer a tengerentúlról (illetve most nem túlról), de ha csak egyet kell választanom, akkor leginkább mégis Szepes László professzor, akitől sokkal fontosabb dolgokat tanultam, mint csak a gázfázisú ionkémiai és fémorganikus kémiai (ez utóbbit már el is felejtettem).

### 9. Mit üzensz a ma kémia iránt érdeklődő diákoknak?

Ne felejtsek el, hogy a kémia fizikára és matekra épül, tehát abban is legyenek jók.

### 10. Mi az, amit mindenképp szeretnéd, ha megtudnának rólad? Pl. Mi a hobbid – a kémián kívül? Van-e kedvenc anyagod (ha igen, miért éppen az)? (Ill. bármi, amit szívesen megosztanál a KÖKÉL olvasóival.)



Két évvel ezelőtt elkezdtünk a Pacific-en egy Christmas Faraday Lecture sorozatot: évente egyszer látványos kémiai bemutatót tartunk egyik kollégámmal a kosárlabda stadionban, úgy 900-1000 fő előtt. Az összes gyerek persze a robbanásokat várja a legjobban, amikor is például hidrogén/oxigén keverékkel töltött vizes palackot küldünk fel jó 20 méter magasba iszonyú durranással. A végén pedig az egyetemi tigrissel együtt nitrált vattát lobbantunk a tenyerünkön, ez az egyik kedvenc anyagom. A másik pedig egy szimpla molekula három nehézzatommal, különösen, ha Skóciában szintetizálták.

## GONDOLKODÓ



### Feladatok kezdőknek

*Szerkesztő: Borbás Réka és Zagyi Péter*  
(*rborbas02@gmail.com, zagyi.peter@gmail.com*)

### Megoldások

**K171.** A dörzsölés, súrlódás (lényegét tekintve munkavégzés) hatására töltésszétválás következik be. Elektronok átlépése miatt a vonalzó és a dörzsölésre használt textilálya egymással ellentétes töltésre tesz szert. (Értelemszerűen az elektronhiányos anyag pozitív, az elektrontöbblettel rendelkező anyag pedig negatív töltésűvé válik.) Az elektromosan töltött vonalzó elektromos erőtere kölcsönhatásba lép a töltött részecskékből felépülő molekulákkal. Az anyagokban – a rácsítípustól függetlenül – az elektronok a mozgékonyak. Ezért a vonalzó (megdörzsölt anyag) töltésétől függően a papírszeletke vagy a vízsugár molekuláiban az elektronokat vonzza vagy taszítja. Vagyis az apoláris molekulákat polarizálja, a polárisakat kedvezőbb helyzetbe (kisebb energiájú állapotba) forgatja, illetve a télerősségtől függően még tovább polarizálja. Ennek eredményeképpen a vonalzó és a vizsgált anyagok között mindenképpen vonzóerő ébred. A papírszeletke „hozzáragad” a vonalzóhoz, a vékony vízsugár a vonzóerő irányába térül.

A galvánelemmel végzett kísérlet esetében a versenyzők fele rejtélyes jelenségről számolt be. Azt tapasztalták ugyanis, hogy a galvánelem valamelyik pólusa vagy a papírszeletkét, vagy a vízsugarat, vagy mindkettőt vonzotta. Én sajnos több elemmel próbálkozva sem tapasztaltam ezt a jelenséget.

A galvánelemek nem kondenzátorok, pólusaikon nem jelenik meg töltésfelesleg. Ezért (normális körülmények között) elektromos erőterrel sem rendelkeznek.

Térben szétválasztott redoxireakció játszódik le bennük, és a folyamatos működés feltétele éppen az, hogy a töltések mindig kiegyenlítődjenek. Az elektronok onnan indulnak, ahol az oxidáció történik (a hagyományos „szén-cink” elemekben ez a cinkelektrod), és a külső áramkörön keresztül oda folynak, ahol a redukció következik be (a hagyományos „szén-cink” elemekben mangán-dioxid redukálódik). A pólusokon feltüntetett jel tehát az áramkörben indított egyenáram irányának meghatározására szolgál.

(Róka András)

### K172.

a) 6 l/100 km-es benzinfogasztás mellett 400 km megtételéhez 24 l benzin szükséges.

4 kg hidrogéngáz térfogata a megadott körülmények között:

$$V(\text{H}_2) = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot p} = \frac{4000 \text{ g} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{2,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 49,06 \text{ m}^3 = 4,906 \cdot 10^4 \text{ dm}^3$$

Ez alapján  $4,906 \cdot 10^4 / 24 = 2044$ -szer nagyobb térfogatú hidrogéngáz szükséges az út megtételéhez.

b) 1 l hidrogéngáz tömege 750 bar nyomáson és 25 °C-on:

$$m(\text{H}_2) = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T} = \frac{750 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 2,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 61,15 \text{ g}$$

Tehát a térfogatsűrűség kb. 61,2 g/l, ami valóban kevesebb, mint 70 g/l.

(Megjegyzés: Valójában ilyen nagy nyomáson az ideális gáztörvény már nem használható a számításhoz. Az új feladatsor K182. feladata éppen erről a problémáról szól.)

A folyékony hidrogén esetén a térfogatsűrűség a folyadék sűrűsége, azaz  $70,8 \text{ kg/m}^3 = 70,8 \text{ g/l}$ .

Mivel mindkét esetben tiszta hidrogénről van szó, elvileg 100% a kérdéses tömegarány. Ne feledjük azonban, hogy mind a nagy nyomású, mind a folyékony hidrogént csak speciális tartályokban lehet tárolni, amelynek a tömege sokszorosa a benne lévő hidrogénének, és emiatt az egész rendszerre vonatkozóan már csak jóval kisebb (jellemzően 10 tömegszázalék alatti) tömegarány érhető el. A tárolóedény az oka annak is, hogy a folyékony hidrogén esetén végeredményben 70 g/l alatti térfogatsűrűséget kapunk.

c)  $M(\text{LaNi}_5\text{H}_6) = 438,52 \text{ g/mol}$

438,52 g (1 mol) anyag 6·1,01 g hidrogént tartalmaz. Így a vegyület hidrogéntartalma  $(6,06/438,52) \cdot 100 = 1,38$  tömegszázalék.

1 cm<sup>3</sup> anyag tömege 8,4 g, ebből  $8,4 \cdot 0,0138 = 0,116$  g hidrogén. Ebből a hidrogén térfogatsűrűsége a vegyületben  $0,116 \text{ g/cm}^3 = 116 \text{ g/l}$ .

d) 1 mol  $\text{Mg}_2\text{NiH}_x$  összegképletű hidrid  $x$  mol hidrogént tartalmaz. A megadott adatok szerint 1 cm<sup>3</sup> anyag tömege 4,18 g, és ebből  $150/1000 = 0,150$  g hidrogén. Ebből a hidrogéntartalom:  $(0,150/4,18) \cdot 100 = 3,59$  tömegszázalék. Ezt felírva másképp is:

$$w\%(\text{H}) = \frac{x \cdot M(\text{H})}{2M(\text{Mg}) + M(\text{Ni}) + x \cdot M(\text{H})} \cdot 100 = \frac{x \cdot 1,01}{107,33 + x \cdot 1,01} \cdot 100$$

Az egyenlet megoldása:  $x = 3,964 \approx 4$

Tehát a hidrid képlete:  $\text{Mg}_2\text{NiH}_4$ .

e)  $2 \text{ NaAlH}_4 = 2 \text{ NaH} + 2 \text{ Al} + 3 \text{ H}_2$

$2 \text{ Ca}(\text{AlH}_4)_2 = 2 \text{ CaH}_2 + 2 \text{ Al} + 3 \text{ H}_2$

f)  $M(\text{NaAlH}_4) = 54,01 \text{ g/mol}$

1 mol nátrium-alumínium-hidridből 1,5 mol hidrogén szabadítható fel, a keresett hidrogéntartalom tehát  $(3,03/54,01) \cdot 100 = 5,6$  tömegszázalék. A sűrűség alapján 1 cm<sup>3</sup> anyag tömege 1,24 g, amiből  $(3,03/54,01) \cdot 1,24 = 0,0696$  g hidrogén szabadítható fel, tehát a térfogatsűrűség 69,6 g/l.

g) Annál nagyobb a fém-alumínium-hidrid hidrogéntartalma, minél kisebb a fém tömege egységnyi mennyiségű anyagban. Így csak a legkisebb atomtömegű fémek (Li és Be) hidridjei jöhetnek szóba.

Akár a felszabadítható, akár a teljes hidrogéntartalmat tekintjük, a  $\text{Be}(\text{AlH}_4)_2$  tartalmazza a legnagyobb tömegszázalékban a hidrogént.

(Babinszki Bence)

### K173.

a) (1 pont)

A dinitrogén-oxidot a gyógyászatban érzéstelenítő, fájdalomcsillapító szerként használják. Speciális lángokban égést tápláló gázként alkalmazzák, a belső égésű motorok üzemanyagához keverve jelentősen növeli a motorok teljesítményét oxidáló hatása miatt, ami fokozza az égést. Az autós szakzsargonban a dinitrogén-oxidot egyszerűen „nitronak” nevezik.

Ezenkívül hajtógázként elsősorban habszifonokban találkozhatunk vele, egyesek pedig a „kéjgáz” elnevezést ihlető tulajdonságát kihasználva kábítószerként használják.

b) (1 pont)

A formális reakcióegyenlet:



vagy csak az ammóniumiont tekintve:



c) (3 pont)

Avogadro törvénye alapján a térfogatarány megegyezik az anyagmennyiségek arányával. Az anyagmennyiség és a moláris tömeg szorzata a tömeg. Ezt felhasználva a dinitrogén-oxid tömegtörtje:

$$w(\text{N}_2\text{O}) = \frac{m(\text{N}_2\text{O})}{m(\text{levegő})} = \frac{n(\text{N}_2\text{O}) \cdot M(\text{N}_2\text{O})}{n(\text{levegő}) \cdot M(\text{levegő})} = \frac{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 324 \cdot 10^{-9} = 492 \cdot 10^{-9} = 492 \text{ ppbw}$$

d) (2 pont)

$$m(\text{N}_2\text{O}) = 492 \cdot 10^{-9} \cdot 5,15 \cdot 10^{18} \text{ kg} = 2,53 \cdot 10^{12} \text{ kg}$$

e) (3 pont)

Évente a légkörbe kerülő dinitrogén-oxid tömege:

$$m(\text{N}_2\text{O}) = \frac{M(\text{N}_2\text{O})}{M(\text{N}_2)} \cdot m(\text{N}_2) = \frac{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 18,8 \cdot 10^{12} \text{ g} = 2,95 \cdot 10^7 \text{ t}$$

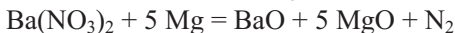
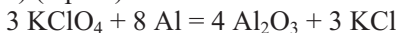
Összesen 29 megoldás érkezett, köztük 5 db 10 pontos. A pontszámok átlaga 5,57. Kiemelkedő megoldást nyújtott be Baglyas Márton.

A leggyakoribb hiba az volt, hogy az e) feladat végeredményét nem a feladat által kért mértékegységgel adták meg a megoldók, valamint ugyanebben a feladatban sokan az „évente 18,8 Tg nitrogén kerül dinitrogén-oxid formájában a levegőbe” mondatot rosszul értelmezve a megadott  $\text{N}_2$  tömegével megegyező tömegű  $\text{N}_2\text{O}$ -t számoltak. Ezzel szemben nyilvánvalóan az  $\text{N}_2\text{O}$  tömege lényegesen nagyobb.

(Koltai András)

### K174.

a) (1 pont)





b) (2 pont)

Sztöchiometrikus összetételű  $\text{KClO}_4$  / Al keverékre:

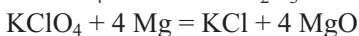
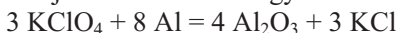
$$\frac{3 \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16)}{3 \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16) + 8 \cdot 27} \cdot 100 \% = 65,8 \text{ m/m \% } \text{KClO}_4 \text{ és } 34,2 \text{ m/m \% Al}$$

Sztöchiometrikus összetételű  $\text{Ba(NO}_3)_2$  / Mg keverékre:

$$\frac{137,3 + 2 \cdot (14 + 48)}{137,3 + 2 \cdot (14 + 48) + 5 \cdot 24,3} \cdot 100 \% = 68,3 \text{ m/m \% } \text{Ba(NO}_3)_2 \text{ és } 31,7 \text{ m/m \% Mg}$$

c) (3 pont)

A lejátszódó reakciók egyenletei:



Tegyük fel, hogy a keverékben  $x_1$  mol  $\text{KClO}_4$  van, mely az alumíniummal, és  $x_2$  mol  $\text{KClO}_4$ , mely a magnéziummal reagál. Ekkor  $8/3 x_1$  mol Al és  $4x_2$  mol Mg van a keverékben.

Az ismert tömegszázalékos összetétel alapján felírható:

$$\frac{(x_1 + x_2) \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16)}{(x_1 + x_2) \cdot (39,1 + 35,45 + 4 \cdot 16) + \frac{8}{3} x_1 \cdot 27 + 4x_2 \cdot 24,3} = 0,633$$

$$\text{Ebből: } x_2 = 0,4936x_1$$

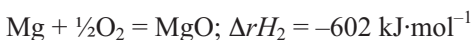
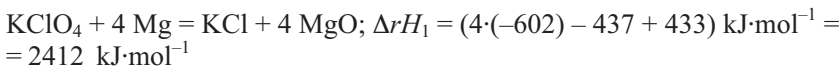
A magnárium  $m/m\%$ -os Al-tartalmára felírható:

$$\frac{\frac{8}{3} x_1 \cdot 27}{\frac{8}{3} x_1 \cdot 27 + 4x_2 \cdot 24,3} \cdot 100 \%, \text{ melybe az előbbieken kapott } x_2 \text{ értéket behelyettesítve a}$$

tömegszázalékos Al-tartalomra  $60,0 \text{ m/m \%}$  adódik.

d) (4 pont)

A lejátszódó reakciók egyenletei a megfelelő reakcióhő értékekkel:



Legyen az egységnyi tömeg 100 g! Ekkor az első esetben ebben  $y_1$  mol  $\text{KClO}_4$  és  $4y_1$  mol Mg van, míg a második esetben  $y_2$  mol  $\text{KClO}_4$  és  $4,4 y_2$  mol Mg.

Ekkor felírható:

$$y_1 \cdot (39,1 + 35,45 + 64) + 4y_1 \cdot 24,3 = 100$$

$$y_2 \cdot (39,1 + 35,45 + 64) + 4,4y_2 \cdot 24,3 = 100$$

Ezekből:  $y_1 = 0,4242$  mol és  $y_2 = 0,4074$  mol

Tehát az első, sztöchiometrikus esetben  $0,4242 \text{ mol} \cdot 2412 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 1023 \text{ kJ}$  hő szabadul fel, míg a második esetben  $0,4074 \text{ mol} \cdot 2412 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 0,4074 \text{ mol} \cdot 0,4602 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 1081 \text{ kJ}$  hő szabadul fel, tehát valóban jobb fémfelesleget alkalmazni.

*A feladatra összesen 27 megoldás érkezett, a pontszámok átlaga: 6,33 pont. Hibátlan megoldást küldött be: Baglyas Márton, Gizella Hajnalka, Hegyi Zoltán, Koch Lilla, Polgár Patrícia, Szabó Pál, Turjányi Lilla. Gyakori hiba volt a d) részben az egységnyi tömeg helyett egységnyi anyagmennyiségre számított hőfelszabadulás, valamint ebben a feladatrészben több esetben is hiányzott a szöveges válasz.*

(Vörös Tamás)

### K175.

a) (5 pont)

A feladat megoldásánál vegyük figyelembe, hogy a szagot az előírás alapján akkor is éreznünk kell, ha a földgáz százszorosára hígul!

Vegyünk  $1 \text{ m}^3$  földgázt! Ha ez a levegőben százszorosára hígul, az így kapott  $100 \text{ m}^3$  gázelegyen az előírásnak megfelelően 3 ppbv TBM kell, hogy legyen. Tehát a  $100 \text{ m}^3$  gázelegyen  $3 \cdot \frac{1}{10^9}$  részét a TBM gőzei teszik ki.

$$V_{\text{TBM}} = 100 \text{ m}^3 \cdot 3 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

A gáztörvény alkalmazásával kiszámítjuk a TBM anyagmennyiségét:

$$n_{\text{TBM}} = \frac{pV}{RT} = 1,21 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

A TBM moláris tömege  $90,2 \text{ g/mol}$ , tehát a TBM tömege:

$$m_{\text{TBM}} = 1,21 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 90,2 \text{ g/mol} = 1,09 \text{ mg}$$

A THT esetén azonos a megoldás menete.

$$V_{\text{THT}} = 100 \cdot 4 \cdot 10^{-9} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$n_{\text{THT}} = \frac{pV}{RT} = 1,61 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

A THT moláris tömege  $88,2 \text{ g/mol}$ .

$$m_{\text{THT}} = 1,61 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 88,2 \text{ g/mol} = 1,42 \text{ mg}$$

b) (5 pont)

Ki kell számítani, hogy hány  $\text{m}^3$  levegőt képes 5 ml folyékony TBM „szagosítani”.

$$m_{\text{TBM}} = \rho \cdot V = 4 \text{ g}$$

$$n_{\text{TBM}} = 4,43 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$V_{\text{TBM}} = \frac{nRT}{p} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{levegő}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{3 \cdot 10^{-9}} = 3,67 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

*A feladat megoldásánál gyakori hiba volt, hogy a szabvány által előírt hígítást nem vették figyelembe. Néhányan nem számoltak a megadott hőmérséklettel és nyomással. A feladat pontátlagos: 6,56.*

*Hibátlan megoldást küldött be: Szabó Pál, Volford András, Baglyas Márton és Kertész Soma Marcell.*

(Zwillinger Márton)

## Feladatok

***A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2013. február 11-ig postára adva a következő címre várjuk:***

**KÖKÉL Feladatok kezdőknek**

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

**K181.** Helyezzünk egy gyufaszálat a gyertyaláng magjába olyan rövid időre, hogy ne gyulladjon meg! (Kis gyakorlással meg is fogathatjuk!)

Újabb és újabb gyufaszállal pásztázzuk körbe a lángot! Figyeljük meg, hogy a különböző irányokból (oldalról és felülről) közelítve milyen távolságban lobban lángra a gyufaszál „feje”!

Milyen következtetést vonhatunk le a tapasztaltakból?

A gyertyához hasonlóan kezdetben a gyufaszál (vagy a fa) is lángol, csak később kezd izzani. Mi a láng, és mi a lángoló égés feltétele?

(Róka András)

**K182.** a) Számítsd ki a hidrogéngáz sűrűségét 750 bar nyomáson és 25 °C-on az ideális gáztörvény segítségével!

Ilyen nagy nyomáson azonban a hidrogén már nem ideális gázként viselkedik, tehát nem használhatjuk az ideális gáztörvényt a sűrűség kiszámításához. Úgy találták, hogy a következő összefüggés (ún. állapotegyenlet) 25 °C-on helyesen írja le a hidrogéngáz viselkedését még nagy nyomásokon is:

$$\frac{pV_m}{RT} = 1 + 5,30 \cdot 10^{-6} \cdot (p/\text{kPa}) + 3,41 \cdot 10^{-12} \cdot (p/\text{kPa})^2$$

$V_m$  a moláris térfogat, a zárójeles tagokat pedig úgy értelmezhetjük, hogy oda a kPa-ban kifejezett nyomás *számértéke* kerül.

- b) *Ideális viselkedés esetén hogyan festene ennek az egyenletnek a jobb oldala?*  
 c) *Ezen egyenlet alapján mekkora a hidrogéngáz sűrűsége 750 bar nyomáson és 25 °C-on?*

Egy hidrogénmeghajtású jármű üzemanyagtartálya 4,0 kg 25 °C-os hidrogént tartalmaz, 750 bar nyomásra komprimálva. Szeretnénk meghatározni az elégetéséhez szükséges levegő mennyiségét.

- d) *Hány százalékos hibát ejtünk a számítás során, ha ideálisnak tételezzük fel a hidrogéngáz viselkedését?*

(Zagyi Péter)

**K183.** Az 1890-es években Lord Rayleigh több mérést végzett a levegőből kivont tiszta nitrogénnel. A vízgőztől, szén-dioxidtól és oxigéntől elválasztott nitrogént egy üvegedénybe töltötte, majd megmérte a berendezés tömegét. Ismerve az edény saját tömegét, ki tudta számítani a benne lévő gáz tömegét is. Több mérés átlagaként 2,3102 g-ot kapott.

- a) *Javasolj egy-egy módszert a vízgőz, a szén-dioxid és az oxigén levegőből történő eltávolítására!*  
 b) *Feltéve, hogy a méréseket szobahőmérséklet közelében és túlnyomás nélkül végezte, hozzávetőleg mekkora térfogatú volt Rayleigh kísérleti edénye?*

Méréseit megismételte olyan nitrogénnel is, amit nem a levegőből különített el, hanem nitrogéntartalmú anyagokból kémiai reakcióval állított elő, többek között az alábbi módszerekkel: (a) nitrogén-monoxidot vezetett izzó vasra; (b) dinitrogén-oxidot vezetett izzó vasra; (c) ammónium-nitrit-oldatot melegített.

- c) *Írd fel a három említett reakció egyenletét! (Az első két folyamatban  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  keletkezik, a harmadikban pedig a nitrogénen kívül nem észlelhető más termék.)*

Érdekes módon az így előállított nitrogén tömege (ugyanabban az üvegedényben, ugyanazon a hőmérsékleten és nyomáson mérve) csak 2,2990 g-nak adódott.

Az eltérés magyarázatára Rayleigh egyik feltevése az volt, hogy a kémiai úton előállított nitrogénben a nitrogénmolekulák egy része disszociált állapotban (atomosan) található. Rayleigh kémikus kollégái (ő maga ugyanis fizikus volt) azonban meggyőzték arról, hogy ez nem valószínű.

d) *Vajon mivel érveltek Rayleigh feltevése ellen?*

e) *A mérési eredmények alapján a „kémiai” nitrogénben a molekulák hány százalékának kellett volna disszociálnak lennie?*

Nagyon valószínűnek tűnt, hogy a levegőből származó nitrogénben van egy ismeretlen, a nitrogénnél nagyobb sűrűségű gáz. Ezért később Rayleigh és Ramsey újabb kísérletet végzett. A levegőből a korábban már jól bevált módszerekkel eltávolították a vízgőzt, a szén-dioxidot és az oxigént. Ezután a maradékot magas hőmérsékleten magnéziummal reagáltatták, tudva, hogy azzal a nitrogén is reakcióba lép, magnézium-nitrid keletkezése közben. A várakozásoknak megfelelően e reakció teljes lejátszódása után is visszamaradt még valamennyi gázhalmazállapotú anyag.

f) *Írd fel a magnézium és a nitrogén között lejátszódó reakció egyenletét!*

Egyik mérésükben  $7925 \text{ cm}^3$  száraz levegőből  $65,0 \text{ cm}^3$  gáz maradt, amely semmilyen reakcióban nem vett részt.

g) *Mai ismereteink szerint mennyire volt pontos ez a mérés?*

h) *Számítsd ki, hogy a mérési eredményekből mekkora moláris tömeg adódik az ismeretlen gázra!*

Más – itt nem részletezett – kísérletek során az is bebizonyosodott, hogy a kérdéses gáz egyatomos. Így világossá vált tehát, hogy egy új elemről van szó, melyet a felfedezők argonnak neveztek el. (Később más nemesgázokat is el tudtak különíteni a levegőből.) 1904-ben Rayleigh fizikai, Ramsey pedig kémiai Nobel-díjat kapott munkásságáért.

(Zagyi Péter)

**K184.** Ebben a feladatban a magnézium-klorid-hexahidrát ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) hevítésekor lejátszódó folyamatokat vizsgáljuk. Ha az anyag  $200,0 \text{ grammját}$   $100^\circ\text{C}$  körüli hőmérsékletre hevítjük, megkezdődik a kristályvíz elvesztése. Egy kísérletben a lassan kb.  $110^\circ\text{C}$ -ra hevített minta tömegét egy idő után megmértük, és azt tapasztaltuk, hogy az a kiindulási hexahidráténál  $10,50\%$ -kal kisebb.

a) *Átlagosan hány mol kristályvíz jut 1 mol  $\text{MgCl}_2$ -ra ebben az anyagban?*

Ha tovább folytatjuk a hevítést, fokozatosan tovább csökken a minta tömege. Fontos tudni azonban, hogy a hevítés során kapott, látszólag nem sztöchiometrikus összetételű anyagok valójában jól meghatározott, egyértelmű összetételű fázisok keverékei. A magnézium-klorid esetén pl. a hexahidrát mellett csak a tetrahidrát, a dihidrát, a monohidrát és a vízmentes  $\text{MgCl}_2$  létezhet 20 °C fölötti hőmérsékleteken.

b) *Feltéve, hogy a 10,50 %-os tömegveszteség után visszamaradó anyag a hexahidrát és a tetrahidrát keveréke, számítsd ki a két fázis tömegarányát a vizsgált mintában!*

Ha a mintánkat 200 °C fölé hevítjük, érdekes módon nem csak vízgőz, hanem hidrogén-klorid távozását is tapasztaljuk. Ennek az az oka, hogy hidrolízis játszódik le, és bázisos magnézium-klorid,  $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$  is képződik. Ilyen magas hőmérsékleten hexahidrát és tetrahidrát már biztosan nincs jelen a rendszerben.

c) *Írj fel egy reakcióegyenletet, amely a bázisos klorid képződését mutatja!*

Egy mintában, amelyet 39,38 %-os tömegcsökkenés után kaptunk, háromféle fázis volt kimutatható. Meghatároztuk a Cl:Mg anyagmennyiség-arányt is, amely 1,93-nak adódott.

d) *Hány gramm vízgőz távozott el e pillanatig a kiindulási hexahidrátból a hevítés során?*

e) *A korábban felsoroltak közül elvileg mely anyagok alkothatták a vizsgált mintát?*

Ha a hevítést 500-550 °C-ig folytatjuk, 80,18 %-os tömegveszteség után állandóvá válik a hevítési maradék tömege.

f) *Milyen szilárd anyag keletkezik ilyen körülmények között? Írd fel a hexahidrátból való képződésének egyenletét!*

Érdekes megfigyelés, hogy ha a hevítést HCl-áramban (vagyis hidrogén-klorid-gáz jelenlétében) végezzük, már jóval 500 °C alatt állandóvá válik a szilárd anyag tömege, mégpedig 53,17 %-os tömegveszteség után.

g) *Mi a hevítési maradék ekkor?*

h) *Mivel magyarázható az eltérés a végterméket illetően?*

(Zagyi Péter)

**K185.** A nátrium három legismertebb oxigénvegyülete a nátrium-oxid, a nátrium-peroxid és a nátrium-szuperoxid. A peroxidion képlete  $\text{O}_2^{2-}$ , a szuperoxidioné  $\text{O}_2^-$ .

a) *Írd fel a három említett vegyület képletét!*

Közönséges körülmények között a nátrium és száraz levegő (vagy oxigén) reakciójában főleg nátrium-peroxid képződik.

- b) *Milyen más anyag képződését várjuk, ha az égetéshez használt oxigén vízgőzt is tartalmaz?*

A nátrium-oxid és a nátrium-szuperoxid előállítása nem könnyű feladat. Előbbi például úgy kaphatjuk, ha fémnátriumot sztöchiometrikus mennyiségű oxigénnel viszonylag alacsony hőmérsékleten (150–200 °C-on) reagáltatunk.

- c) *1,00 g nátriumhoz mekkora térfogatú 25 °C-os, 101 kPa nyomású oxigén szükséges?*

Egy másik lehetőség az egyszerű oxid előállítására a fémnátrium és a nátrium-peroxid reakciója.

- d) *Írd fel a reakció egyenletét!*

A nátrium-szuperoxid egyik előállításmódja a folyékony ammóniában oldott nátrium reakciója tiszta oxigénnel. Ekkor azonban bizonyos mennyiségű peroxid is képződik.

- e) *Hány tömegszázalék nátrium-peroxidot tartalmaz az az így előállított anyag, amelynek összetételét az  $\text{NaO}_{1,67}$  tapasztalati képlet írja le?*

Nagyobb tisztaságú szuperoxid nyerhető nátrium-peroxid és nagy (kb. 10 MPa) nyomású oxigén reakciójában 450 °C körüli hőmérsékleten. Az így kapott anyag is tartalmaz azonban kis mennyiségű peroxidot. A termék összetételét legegyszerűbben úgy határozhatják meg, hogy ismert tömegű részletét feloldják vas(III)-kloridot is tartalmazó sósavban. Ekkor mindkét anyag nátrium-klorid, víz és oxigén keletkezése közben reagál (a vas-klorid a katalizátor szerepét tölti be). A képződő oxigén térfogatából kiszámítható a keverék összetétele.

- f) *Írd fel a nátrium-peroxid és a nátrium-szuperoxid sósavval való reakciójának egyenletét!*

- g) *Hány tömegszázalék nátrium-szuperoxidot tartalmaz az a minta, amelynek 1,000 grammjából 296,9 cm<sup>3</sup> 0 °C-os, 101 kPa nyomású oxigén fejlődött?*

(Zagyi Péter)

## Feladatok haladóknak

**Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd**  
([gmagyarfa@chem.elte.hu](mailto:gmagyarfa@chem.elte.hu), [boyle83@gmail.com](mailto:boyle83@gmail.com))

### Megoldások

#### H171.

a) Először kiszámítjuk a különböző definíciók használatával kapott moláris térfogatokat.

$$V_m = \frac{RT}{p}, \text{ ahol } R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tanár	25 °C; 1 atm	$T = 298,15 \text{ K}; p = 101325 \text{ Pa}$	$V_m = 24,4640 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
1.	0 °C; 1 bar (100 kPa)	$T = 273,15 \text{ K}; p = 100000 \text{ Pa}$	$V_m = 22,7097 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
2.	0 °C; 1 atm	$T = 273,15 \text{ K}; p = 101325 \text{ Pa}$	$V_m = 22,4127 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
3.	20 °C; 1 atm	$T = 293,15 \text{ K}; p = 101325 \text{ Pa}$	$V_m = 24,0538 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
4.	25 °C; 1 bar (100 kPa)	$T = 298,15 \text{ K}; p = 100000 \text{ Pa}$	$V_m = 24,7882 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

Ezután számítsuk ki, hogy a különböző moláris térfogatok esetén milyen átlagos moláris tömeget ( $\overline{M} = \rho \cdot V_m$ ) várunk az ismeretlen összetételű gázelegy esetén:

T	$\overline{M} = 30,1152 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
1.	$\overline{M} = 27,9556 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
2.	$\overline{M} = 27,5900 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
3.	$\overline{M} = 29,6102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
4.	$\overline{M} = 30,5143 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Tudjuk, hogy a tanár a javítás közben azzal szembesült, hogy különböző definíciókat használva előfordulhat az az eset, hogy a feladat nem megoldható. A  $\text{CO}_2$  moláris tömege  $44,0 \text{ g/mol}$ , tehát a fenti információból kiindulva azt mondhatjuk, hogy a másik gáz moláris tömege legalább  $27,59 \text{ g/mol}$ , legfeljebb  $30,12 \text{ g/mol}$  lehetett. (A tanár szerint ugyanis  $30,12 \text{ g/mol}$  a gázelegy átlagos moláris tömege. Ha ennél nagyobb a másik gáz moláris tömege, akkor már az eredeti elképzelés szerint is ellentmondásra vezet a feladat.  $27,59 \text{ g/mol}$ -nál kisebb moláris tömeg esetén viszont biztosan van megoldás.) Ebben az esetben a 2. és 3. definíció használatakor jutunk ellentmondáshoz. Ennél alacsonyabb moláris tömeg feltételezésekor nem jutunk ellentmondáshoz.



Ekkor a lehetséges gázok:

<b>N<sub>2</sub></b>	28,02 g/mol	<b>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></b>	30,07 g/mol
<b>CO</b>	28,01 g/mol	<b>B<sub>2</sub>H<sub>6</sub></b>	27,67 g/mol
<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>	28,05 g/mol	<b>CH<sub>2</sub>O</b>	30,03 g/mol
<b>NO</b>	30,01 g/mol		

b) A CO<sub>2</sub> móltörtjét ( $x$ ) megadhatjuk a következő összefüggések segítségével:

$$\overline{M} = x \cdot M(\text{CO}_2) + (1 - x) \cdot M(\text{A})$$

$$x = \frac{\overline{M} - M(\text{A})}{M(\text{CO}_2) - M(\text{A})}$$

A CO<sub>2</sub> tömegszázalékos aránya megkapható a következő összefüggés segítségével:

$$w(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{\sum m} = \frac{x \cdot M(\text{CO}_2) \cdot \sum n}{\overline{M} \cdot \sum n} = \frac{\overline{M} - M(\text{A})}{M(\text{CO}_2) - M(\text{A})} \cdot \frac{M(\text{CO}_2)}{\overline{M}}$$

A fenti képletek segítségével a standardállapot különböző definícióit alkalmazva a következő táblázatban gyűjthetjük össze az eltérő gázelegyek összetételét tömegszázalékosan jellemző adatokat:

	Tanár	1.	2.	3.	4.
CO <sub>2</sub>	19,15	-0,63	-4,29	14,78	22,50
N <sub>2</sub>	80,85	100,63	104,29	85,22	77,50
CO <sub>2</sub>	19,23	-0,54	-4,19	14,86	22,57
CO	80,77	100,54	104,19	85,14	77,43
CO <sub>2</sub>	18,91	-0,93	-4,60	14,53	22,27
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	81,09	100,93	104,60	85,47	77,73
CO <sub>2</sub>	1,10	-23,10	-27,57	-4,24	5,20
NO	98,90	123,10	127,57	104,24	94,80
CO <sub>2</sub>	0,28	-14,22	-16,90	-2,92	2,74
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	99,72	114,22	116,90	102,92	97,26
CO <sub>2</sub>	21,87	2,75	-0,78	17,65	25,11
B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	78,13	97,25	100,78	82,35	74,89
CO <sub>2</sub>	0,89	-23,36	-27,84	-4,46	5,00
CH <sub>2</sub> O	99,11	123,36	127,84	104,46	95,00

A táblázatban dőlttel azok az összetételek szerepelnek, melyekkel a feladat megoldása során ellentmondásba ütközünk. Félkövérral azok az eredmények láthatóak, amelyeket a tanárnak el kellett fogadnia a feladat javítása során.

(Pós Eszter Sarolta)

**H172.** A 6 összetételi változó páronkénti egyezéséhez 15 kombinációt kell megvizsgálni. Jelölje a továbbiakban az elegy össztérfogatát, tömegét és anyagmennyiségét  $V$ ,  $m$  és  $n$ . Az egyes komponensek megfelelő mennyiségét indexelt, az oldószer esetén *olsz* indexes változók jelzik. Kezdjük a százalékokkal.

a) Ha a térfogatszázalék és a mólszázalék egyezik meg:

$$\frac{V_i}{V} = \frac{n_i}{n} \Rightarrow \frac{V_i}{n_i} = \frac{V}{n}$$

Azaz az adott komponens és az elegy moláris térfogata kell megegyezzen. A legkézenfekvőbb példa ideális gázok elegye, de pl. izotópcserélt anyagok (pl. benzol és deuterobenzol) elegye esetén is könnyen feltehető egyezés.

- b) A tömeg- és mólszázalék egyezésének feltételét a fentiekhez hasonlóan felírva a kritérium a kérdéses komponens és az elegy moláris tömegének egyezése. Ez izomerek (pl. etil-benzol és xilol) esetében nyilván teljesül, de más, azonos moláris tömegű anyagok is teljesítik.
- c) A térfogat- és tömegszázalék egyezésének feltétele, hogy a kérdéses komponens és az elegy sűrűsége egyezzen meg. Jó közelítéssel ez igaz híg oldatok esetén az oldószerre. Az egyezés megvalósulhat egyező sűrűségű anyagok elegyénél, ha a térfogati kontrakció elhanyagolható, ami jó eséllyel ismét izomereknél és gázoknál állhat fenn. Ez utóbbi két esetben mindhárom százalékos változó megegyezik.
- d) A tömegkoncentráció és az anyagmennyiség-koncentráció egyezése 1 g/mol moláris tömegű komponensek esetén valósulhat meg. Ilyen anyagnak a fémekben (pl. palládium) atomosan oldódó hidrogén megfelel. A  $H^+$  ionra is fennáll formálisan az egyezés, de lévén hogy nem önálló összetevő, a  $H^+$  tömegkoncentrációjáról nem szokás beszélni.
- e) A koncentráció és a mólszázalék értékének egyezését tekintve:

$$\frac{n_i}{V} = \frac{n_i}{n} 100 \Rightarrow \frac{V}{n} = V_M = 0,01 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

Tehát az egyezés akkor áll fenn, ha az elegy moláris térfogata  $10 \text{ cm}^3/\text{mol}$ , ami kondenzált fázisú elegyeknél lesz lehetséges. A réz és a  $\text{CCl}_4$  moláris térfogata pl. ennél az értéknél kisebb, az ón és a benzol moláris térfogata pedig nagyobb, így léteznie kell a kritériumnak megfelelő bronz ötvözetnek, illetve  $\text{CCl}_4$ /benzol elegynek.

f) A koncentráció és térfogatszázalék esetében hasonló a kép:

$$\frac{n_i}{V} = \frac{V_i}{V} 100 \Rightarrow \frac{V_i}{n_i} = V_{M,i} = 0,01 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

Csakhogynem itt az elegy, hanem a kérdéses komponens moláris térfogatára kapunk megkötést. Valószínűleg van szerves vegyület is, aminek épp ekkora a moláris térfogata, de szerencsére egy elem, az alumínium is megközelítően hozza a várt értéket. Tehát alumínium-ötvözetekben az Al koncentrációja és térfogatszázaléka megegyezik. Feltehetően ezt persze senki nem vette észre, hisz ezek a változók ötvözetek esetében nem használatosak.

- g) A koncentráció és a tömegszázalék értékének egyezésekor

$$1000 \frac{n_i}{V} = \frac{m_i}{m} 100 \Rightarrow \rho (\text{g/cm}^3) = \frac{m}{V} = \frac{100}{1000} \frac{m_i}{n_i} = 0,1 M_i (\text{g/mol})$$

Tehát az oldott anyag moláris tömegének értéke az elegy sűrűségének ( $\text{g/cm}^3$ -ben) tízszerese. Ez vizes oldatoknál nem lehetséges, de nagyobb sűrűségű oldószerekkel vagy ötvözetekkel megeshet. Sályi Gergő javaslata  $\text{CH}_2\text{I}_2$  (op. 6 °C,  $\rho = 3,32 \text{ g/cm}^3$ ) oldószerben oldott metanol, amelynek nyilván lesz a feltételnek megfelelő sűrűségű összetétele.

- h) A tömegkoncentráció és tömegszázalék értéke akkor egyezik meg, ha

$$1000 \frac{m_i}{V} = \frac{m_i}{m} 100 \Rightarrow \rho = 0,1 \text{ g/cm}^3$$

Ilyen sűrűségű elegyet nem könnyű találni, hisz oldatok ebben a sűrűség tartományban nemigen léteznek, gázok esetében viszont elég nagy nyomás szükséges ekkora sűrűség eléréséhez. Nagy moláris tömegű gázok, például xenon és kripton esetében néhány tucat atmoszféra elegendő.

- i) A tömegkoncentráció és a térfogatszázalék egyezése analóg az előző esettel:

$$1000 \frac{m_i}{V} = \frac{V_i}{V} 100 \Rightarrow \rho_i = 0,1 \text{ g/cm}^3$$

Azaz itt a feltétel, hogy a kérdéses komponens sűrűsége legyen  $0,1 \text{ g/cm}^3$ . Ez ismét nagy nyomású gázok bizonyos állapotaiban állhat fenn.

- j) A tömegkoncentráció és a mólszázalék számértékének egyezése esetén:

$$\frac{m_i}{V} = \frac{n_i}{n} 100 \Rightarrow M_i (\text{g/mol}) = 100 \frac{V}{n} (\text{dm}^3/\text{mol})$$

Így az oldott anyag moláris tömege és az oldat moláris térfogata közti kapcsolat megléte a kritérium. Oldatok és ötvözetek esetén jellemző moláris térfogatok esetén a várt moláris tömeg túl kicsi, atmoszférikus nyomású

gázok esetén viszont túl nagy. Kézenfekvő példa tehát nem adódik, de nagy nyomású gázok elegyeiben nem lehetetlen az egyezés.

- k) A Raoult-koncentráció és a tömegszázalékos összetétel értékének egyezése:

$$1000 \frac{n_i}{m_{\text{olsz}}} = \frac{m_i}{m} 100 \Rightarrow 1000 \frac{m}{100 m_{\text{olsz}}} = \frac{m_i}{n_i} \Rightarrow \frac{1000}{m\%_{\text{olsz}}} = M_i$$

Azaz az egyezéshez az oldott anyag moláris tömegének és az oldószer tömegszázalékának értékét összeszorozva 1000 a szükséges eredmény. Oldószernek tekintjük a legalább 50 tömegszázalékos komponenst, így az oldott anyag moláris tömege 10 és 20 g/mol között lehet. Sok ilyen anyag nincs, de pl. ha víz az oldott anyag, akkor bármilyen (pl. etanol) is lehet az oldószer, ha az az oldat 55,5 tömegszázalékát teszi ki.

- l) A mólszázalékos összetétel egyezése a Raoult-koncentrációval némileg hasonlít az előző esetre:

$$1000 \frac{n_i}{m_{\text{olsz}}} = \frac{n_i}{n} 100 \Rightarrow 1000 \frac{n_{\text{olsz}}}{m_{\text{olsz}}} = \frac{n_{\text{olsz}}}{n} 100 \Rightarrow \frac{1000}{M_{\text{olsz}}} = n\%_{\text{olsz}}$$

Ez esetben viszont az oldószer moláris tömegének és az oldószer mólszázalékának szorzata ad 1000-et a szokásos mértékegységekben. 50% feletti százalék csak 10 és 20 g/mol közötti moláris tömegű oldószerek esetén lehet, ami a vízre ráillik. 44,5 mólszázalék oldott anyag esetén tehát a vizes oldat mólszázaléka és Raoult-koncentrációja azonos.

- m) A Raoult-koncentráció és a koncentráció egyezéséhez 1 dm<sup>3</sup> oldat elkészítéséhez 1 kg oldószer kell.

$$\frac{n_i}{m_{\text{olsz}}} = \frac{n_i}{V} \Rightarrow \frac{m}{m_{\text{olsz}}} = \frac{m}{V} \Rightarrow 100 = \rho m\%_{\text{olsz}}$$

Ez híg vizes oldatokra lesz jó közelítéssel igaz, de létezhetnek további olyan elegyek is (1 g/cm<sup>3</sup> feletti és alatti sűrűségű komponensekből) amire ez teljesül. 2,8 mol/dm<sup>3</sup> koncentráció körül a hexán/CCl<sub>4</sub> oldat lehet pl. ilyen. Sályi Gergő becslése alapján.

- n) Az eddigi egyezések mögé könnyebben lehetett fizikai képet tenni. A további két esetben inkább csak véletlen numerikus egyezésről lehet szó, mert három jellemzőt érintő feltételnek kell teljesülnie. A tömegkoncentráció és a Raoult-koncentráció számértékének egyezése esetén:

$$\frac{n_i}{m_{\text{olsz}}} = \frac{m_i}{V} \Rightarrow \frac{V}{m} \frac{m}{m_{\text{olsz}}} = \frac{m_i}{n_i} \Rightarrow 100 = M_i \rho m\%_{\text{olsz}}$$

A feltétel tehát az oldott anyag moláris tömegét, az elegy sűrűségét és az oldószer tömegszázalékát érinti. A változók nagyságrendjei nem zárják ki, hogy létezzen az egyezés.

- o) A térfogatszázalék és Raoult-koncentráció értékeinek egyezése szintén ilyen eset.

$$1000 \frac{n_i}{m_{\text{olysz}}} = \frac{V_i}{V} 100 \Rightarrow 10 \frac{V}{m} \frac{m}{m_{\text{olysz}}} = \frac{V_i}{n_i} \Rightarrow 1000 = V_{M,i} \rho m\%_{\text{olysz}}$$

A három érintett változó itt tehát az oldott anyag moláris térfogata, az elegy sűrűsége és az oldószer moláris térfogata, ezeknél sem zárja ki a változók tartománya az esetleges egyezést.

Három változó egyezése nem lehetetlen, bár a 20 lehetséges kombináció zöme kizárható, mégsem kézenfekvő a százalékoknál említett eseten felül egy lehetőség sem.

*A feladat megoldása során a legtöbbször csak a kézenfekvő eseteket vizsgálták meg. A szokatlan és obskúrus egyezések részletes vizsgálatát nem is vártuk el a teljes pontszámért. Kiemelendően alapos volt Sályi Gergő és Palya Dóra munkája.*

(Magyarfalvi Gábor)

**H173.** A feladatot a Balti Kémiaverseny is kitűzte, ezért a megoldást csak a következő számban közöljük.

**H174.** a) 25 °C-on, tiszta vízben a víz deprotonálódása egyensúlyban van a keletkezett ionok rekombinációjával, így a két reakció sebessége egyenlő.

$$v_1 = v_2, \text{ tehát } k_1 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = k_2 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2$$

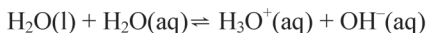
$$\text{Ebből } k_2 = k_1 \cdot \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = k_1 \cdot K_v \cdot [\text{H}_2\text{O}]^{-2}$$

Tiszta vízben 25 °C-on a víz koncentrációja 55,4 mol/dm<sup>3</sup>, tehát a reakció sebességi együtthatója 4,6 · 10<sup>-7</sup> dm<sup>3</sup> · mol<sup>-1</sup> · s<sup>-1</sup>.

b) Az autoprotolízis sebessége az a) feladat alapján  $v_1 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ , tehát 1 s alatt 0,25 liter vízben 0,35 mmol oxóniumion keletkezik. Így 0,7 mmol víz fogy, ami 4,2 · 10<sup>20</sup> darab molekulát jelent.

c) Az etanollal való összehasonlításhoz és a víz pK értékének meghatározásához számoljuk ki a víz disszociációjának egyensúlyi állandóját. Ehhez írjuk fel két vízmolekula sav-bázis reakcióját, és írjuk fel az egyik molekulára mint savra (ami a vízzel reagál) a savi disszociációs állandót. Ez így nem lesz korrekt

egyensúlyi állandó, de ebben a felírásban az etanol savállandójával összevethető mennyiséget kaptunk.



$$K_s = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

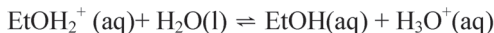
A képletbe behelyettesítve a víz  $pK_s$ -e 15,74-nek adódik, ami pont a feladatban megadott két érték közé esik. Ez alapján azt állíthatjuk, hogy az etanol sáverőssége közel azonos a vízével.

d) Az etanol disszociációja:



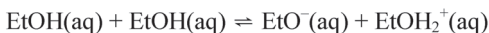
$$K_s(\text{EtOH}) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{EtO}^-]}{[\text{EtOH}]} = 10^{-15,7} \quad (\text{A két megadott } pK_s \text{ érték átlagát vettük.})$$

Az etil-oxónium-ion disszociációja:



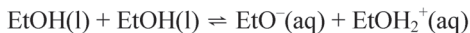
$$K_s(\text{EtOH}_2^+) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{EtOH}]}{[\text{EtOH}_2^+]} = 10^{2,4}$$

Ebből a két egyenletből kifejezhető az alábbi folyamat egyensúlyi állandója:



$$K = \frac{[\text{EtOH}_2^+][\text{EtO}^-]}{[\text{EtOH}]^2} = \frac{K(\text{EtOH})}{K(\text{EtOH}_2^+)}$$

A keresett mennyiség az alábbi egyenlethez tartozó egyensúlyi állandó:



$$K_{ap}(\text{EtOH}) = [\text{EtOH}_2^+] \cdot [\text{EtO}^-]$$

$$K_{ap}(\text{EtOH}) = \frac{K(\text{EtOH})}{K(\text{EtOH}_2^+)} \cdot [\text{EtOH}]^2$$

Tiszta etanolban az etanol koncentrációja 25 °C-on 17,1 mol/dm<sup>3</sup>, így az „alkoholionszorzat” értéke  $2,3 \cdot 10^{-16}$ .

Megjegyzendő, hogy az etanol autodisszociációjának egyensúlyi állandója ( $K$ ) feltehetően nem egyezik meg tiszta etanolban és híg vizes oldatban, ezért a fenti számítás csak durva közelítés.

e) Ha az oldatban a NaOH koncentrációja 0,1 mol/dm<sup>3</sup>, akkor az etanol gyakorlatilag nem disszociál, vagyis  $[\text{OH}^-] = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ , amiből  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-13} \text{ mol/dm}^3$ . Ekkor a

egyenlet felhasználásával  $[\text{EtO}^-] = 0,002 \text{ mol/dm}^3$  adódik, vagyis az etanol 0,2 %-a disszociált.

$$K(\text{EtOH}) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{EtO}^-]}{[\text{EtOH}]} = 10^{-15,7}$$

(Sarka János)

**H175.** A feladat részletes megoldása ezen lapszám elején szakmai írásként olvasható. Sajnos az eredeti feladatsorban közölt adatokba egy kisebb hiba csúszott: a második, héliumot is tartalmazó kísérletben mért időértékek rosszul voltak megadva. Ezt a megoldók közül nem vette észre senki, mert sem a megoldás logikai menetét, sem a végeredményt nem befolyásolta. A szakmai írás már a helyes adatokat tartalmazza. A megoldás kulcsmomentuma annak felismerése volt, hogy a szilárd metán nem úszhat a folyékony metánon. Csak azok kaptak maximális pontszámot, akik ezt a feladatban megadott adatok felhasználásával bizonyították.

*A feladatmegoldásra maximális (10) pontot kapott Borsik Gábor, Sályi Gergő, Sárvári Péter és Vörös Zoltán János. Kilencpontos megoldást hárman küldtek be, tizenegyen ennél kevesebb pontot értek el.*

(Lente Gábor)

**HO-85.** a) Elvileg a következő összetételű, kétféle iont tartalmazó sók létezhetnek:

$(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$ , összegképlete  $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$

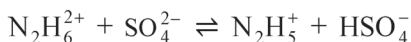
$(\text{N}_2\text{H}_5)_2(\text{SO}_4)$ , összegképlete  $\text{N}_4\text{H}_{10}\text{SO}_4$

$(\text{N}_2\text{H}_6)(\text{HSO}_4)_2$ , összegképlete  $\text{N}_2\text{H}_8\text{S}_2\text{O}_8$

$(\text{N}_2\text{H}_6)(\text{SO}_4)$ , összegképlete  $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$

b) Az  $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$  összegképletű só összetételét az  $(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$  képlet írja le helyesen. Könnyen belátható ugyanis, hogy az reakció egyensúlya erősen jobbra van eltolódva. A folyamat egyensúlyi állandója

Az  $\text{N}_2\text{H}_6(\text{HSO}_4)_2$  előállításáért ütközik komoly nehézségbe, mert vizes



oldatban – még erősen savas közegben is – nagyon kicsi az  $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$  ionok

$$K = \frac{K_v}{K_{s2} \cdot K_{b2}} = 1,1 \cdot 10^3$$

koncentrációja az  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  ionokéhoz képest. Az  $\frac{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]}{[\text{N}_2\text{H}_5^+]}$  arány még 1,0 pH-n is

$\frac{K_{b2}}{K_v} \cdot [\text{H}^+] = 8,9 \cdot 10^{-3}$ . Ennek az az oka, hogy az  $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$  ion meglehetősen erős

sav ( $K_s = \frac{K_v}{K_{b2}} = 11,2$ ). Vizes oldatból tehát csak az  $(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$  és az

$(\text{N}_2\text{H}_5)_2(\text{SO}_4)$  állítható elő.

c) Számítsuk ki először a  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $(\text{N}_2\text{H}_5)(\text{HSO}_4)$ -oldat pH-ját! Első közelítésben hanyagoljuk el az  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  ion hidrolízisét. Ez azért tűnik megalapozottnak, mert mint sav és mint bázis egyaránt igen gyenge. Ekkor a pH-t gyakorlatilag csak a  $\text{HSO}_4^-$  ion hidrolízise határozza meg.

$$K_{s2} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]}, \text{ amiből } [\text{H}^+] = 2,72 \cdot 10^{-2}, \text{ azaz pH} = 1,56$$

Ha mégis figyelembe vesszük az  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  ion hidrolízisét, akkor is

$$\text{elhanyagolhatjuk az } \text{N}_2\text{H}_4 \text{ koncentrációját, hiszen } \frac{[\text{N}_2\text{H}_5^+]}{[\text{N}_2\text{H}_4]} = \frac{K_{b1}}{K_v} \cdot [\text{H}^+] =$$

$= 2,3 \cdot 10^6$ , az előbb kiszámolt pH-n. Elegendő tehát csak az  $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$  jelenlétével számolnunk az  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  mellett.

A szokásos egyenletrendszert felírva (egyensúlyi állandók, töltés- és anyagmérleg), a következő harmadfokú egyenlethez jutunk:

Ebből  $[\text{H}^+] = 2,71 \cdot 10^{-2}$ , azaz  $\text{pH} = 1,57$ . Látható, hogy az eredeti elhanyagolásunk is jogos volt.

$$\frac{K_{b2}}{K_v \cdot K_{s2}} \cdot [\text{H}^+]^3 + \left( \frac{K_{b2}}{K_v} + \frac{K_{b2} \cdot c}{K_v \cdot K_{s2}} + \frac{1}{K_{s2}} \right) \cdot [\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+] - c = 0$$

A  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $(\text{N}_2\text{H}_5)_2(\text{SO}_4)$ -oldat pH-jának kiszámításánál is élhetünk bizonyos egyszerűsítésekkel. Biztosan elhanyagolhatjuk az  $\text{N}_2\text{H}_5^+$

ionok protonálódását, hiszen láttuk, hogy 1-es pH-is nagyon kicsi az  $\frac{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]}{[\text{N}_2\text{H}_5^+]}$

arány, itt pedig ennél jóval nagyobb pH-ra számítunk. Ha a szulfácion gyenge bázisosságára gondolva elhanyagoljuk a szulfácionok protonálódását is, akkor a



probléma nagyon leegyszerűsödik: egy  $0,2 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú gyenge sav ( $K_s = \frac{K_v}{K_{b1}} = 1,18 \cdot 10^{-8}$ ) pH-ját keressük.

$$[H^+] = \sqrt{K_s \cdot c} = 4,86 \cdot 10^{-5}, \text{ azaz } \text{pH} = 4,3$$

Ha nem hagyoljuk el sem a szulfácionok protonálódását, sem az ionok deprotonálódását, akkor – felírva a megfelelő összefüggéseket – az alábbi harmadfokú egyenletet kapjuk.

Ebből  $[H^+] = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ , azaz  $\text{pH} = 4,83$ , vagyis ebben az esetben a

$$\frac{K_{b1}}{K_v \cdot K_{s2}} \cdot [H^+]^3 + \left( \frac{K_{b1} \cdot c}{K_v \cdot K_{s2}} + \frac{1}{K_{s2}} + \frac{K_{b1}}{K_v} \right) \cdot [H^+]^2 + \left( 1 - \frac{c}{K_{s2}} \right) [H^+] - 2c = 0$$

szulfácion protonálódásának elhanyagolása jelentős hibát okoz a végeredményben. Ugyan a szulfácionoknak csak néhány ezreléke protonálódik, de a keletkező hidrogén-szulfát-ionok mennyisége már képes eltolni némileg a gyenge sav hidrazóniumionok disszociációs egyensúlyát.

*A feladatra 5 teljes megoldás (Bolgár Péter, Palya Dóra, Pirityi Dávid, Sárvári Péter, Vörös Zoltán János) érkezett. A legtöbb bonyodalmat a fent utoljára tárgyalt probléma háttere és a megoldás algebrai nehézségei okozták. Ha ilyen helyzetben nem látszik kézenfekvő egyszerűsítés, érdemes numerikus, számítógépes módszereket megpróbálni az egyenletek, egyenletrendszerek megoldására.*

(Zagyi Péter)

**HO-86.** a) Ha a verejték kémhatását a benne levő anyagok stabilizálják, akkor a csapadékkal egyensúlyban levő oldatban is a  $\text{pH} = 5$  helyzetnek megfelelően  $10^{-9} \text{ M}$  lesz a hidroxidionok koncentrációja. Az oldhatósági egyensúly alapján:  
b) A vízben felettébb rosszul oldódó csapadékról még az is feltételezhető, hogy

$$[Al^{3+}] = \frac{L}{(10^{-9})^3} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

nem befolyásolja az oldat pH-ját érdemben. A fentiekkel analóg módon:

Jól látszik, hogy a csapadékból a fémionokkal az oldatba kerülő hidroxidionok

$$[Al^{3+}] = \frac{L}{(10^{-7})^3} = 3 \cdot 10^{-13} \text{ M}$$

mennyisége elenyésző az autodisszociáció folytán jelen levő mennyiség mellett. Tehát a pH jó közelítéssel 7.

*A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el. Alig néhányan voltak, akik elfeledkeztek a víz saját ionjairól, és savasnak elfogadták a kapott hidroxidtartalmú oldatot.*

(Magyarfalvi Gábor)

**HO-87.** A következő megoldás Sályi Gergő munkája alapján készült:

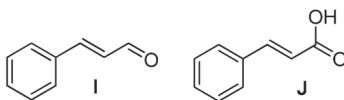
Gázhalmazállapotú elemek a hidrogén, fluor, klór, nitrogén és oxigén, valamint a nemesgázok. Ezek alapján a kémiai elemek között végbemenő reakciókból kitalálható, hogy **X**: O<sub>2</sub>; **Y**: N<sub>2</sub>; **Z**: H<sub>2</sub>; **B**: H<sub>2</sub>O; **C**: NH<sub>3</sub> (amelynek vizes oldata bázikus kémhatású).

Ezután felismerhető több égetési reakció, amelyekben az **A** termék a CO<sub>2</sub>, illetve több vegyület összegképlete is kiszámítható:

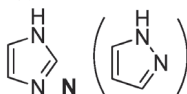
**M**: C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>N<sub>4</sub>O; **N**: C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>; **I**: C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O; **J**: C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>; **K**: C<sub>12</sub>H<sub>10</sub>N<sub>2</sub>O; **L**: C<sub>9</sub>H<sub>9</sub>NO.

Az **I** vegyületre kiszámítva a moláris tömeget, 132 g/mol adódott, ami megerősíti az égetési egyenletből származó C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O összegképletet.

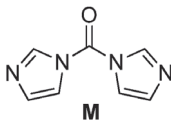
**J** savas kémhatása karbonsavra utal, amelyet alátámaszt, hogy az **I** vegyületből oxidációval keletkezik. Tehát az **I** vegyület egy aldehid. Az **I** vegyület a formilcsoporton kívül valószínűleg aromás gyűrűt is tartalmaz (az alacsony H:C arány miatt). Ezek alapján **I** a fahéjaldehid, **J** a fahéjsav:



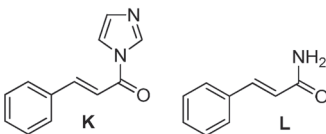
Az összegképlet alapján az **N** vegyület az imidazol (a pirazolt is elfogadtuk):



A hidrolízis egyenlete alapján az **M** vegyület a karbonil-diimidazol:



Ezekből a vegyületekből már könnyen levezethető, hogy a **K** a fahéjsav imidazol-amidja, míg az **L** a fahéjamid:



(Varga Szilárd)

## Feladatok

**A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2013. február 11-ig postára adva a következő címre várjuk:**

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

**H181. A)** A közelmúltban született a „molekuláris gasztronómia”, mely a hagyományos konyhatechnológiákat ötvözi a modern, sokszor laboratóriumokból ellesett módszerekkel. A legújabb kor séfjei tudományos elkötelezettséggel törekednek meghökkentő ízélmények elérésére. Egyik gyakori eljárásuk, hogy egy hagyományos ízhez újszerű állagot („textúrát”) társítanak.

Az egyik ilyen alapanyag a „paradicsomvíz”, amit úgy készítenek, hogy alaposan összezúzott paradicsomot hagynak igen finom szűrőn kicsöpögni. A lecsöpögött folyadék egy nagyon intenzíven paradicsomos ízű, színtelen folyadék, melyből pl. géleket vagy habokat lehet készíteni, mellyel különféle kompozíciókban lehet meghökkenteni az újdonságra éhes gasztrosznobokat.

*A piros paradicsomból készült „paradicsomvíz” miért színtelen? Mi okozza a paradicsom piros színét? Mely vegyületcsaládba tartozik ez az anyag? Milyen módon lehetne paradicsomból emberi fogyasztásra alkalmas, a paradicsom piros színét megőrző kivonatot készíteni?*

**B)** A Hacktion magyar gyártású sorozat S03E07 epizódjában a „rossz fiúk” több ízben is kámforos zsebkendővel kábították el áldozataikat. A kámfor a trópusi kámforfából (de akár a hazai levendulaolajból is) nyerhető, fehér, kristályos, erős illatú anyag. Már a IX. századi arab filozófus, Alkindus is említi művében, sőt a Koránban is szerepel. Európában régóta (úgy 800 éve) használják hűsítő, frissítő, helyi keringésfokozó hatása miatt reumaellenes kenőcsökben. Szóval egy jól ismert anyagról van szó. Ami még véletlenül sem altatószer. Extrémen nagy dózisban sem.

*Mi a kámfor szerkezete? Milyen anyagra gondolhattak a film alkotói? Milyen anyagokat használnátok hasonló célra a bűnözőkkel? Írd le megfontolásaidat, a szükséges jellemzőket!*

(Kóczán György)

**H182.** Egy szerves vegyületből, amelyben C, H, O és Cl található, 25,0 mg-ot mérünk be egy titráló lombikba. Ezután desztillált vízzel hígítjuk, kénsavval savanyítjuk és KI-t adunk hozzá. A kivált jódot  $0,0500 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -mérőoldattal titráljuk. A fogyás  $9,22 \text{ cm}^3$ . Sósavval megsavanyítva, a szerves vegyületből szúrós szagú, sárgászöld gáz fejlődik. A szerves vegyületben kétféle szénatom található. *Add meg a szerves vegyület képletét és nevét!*

(Varga Szilárd)

**H183.** 2012. október 14-én 20:02-kor (budapesti idő, nyári időszámítás) Felix Baumgartner héliummal töltött ballonja a 39045 méteres magasságot elérve már nem emelkedett tovább.

Felix Baumgartner ekkor kiugrott, 4 perc 19 másodperces szabadesés után kinyitotta az ejtőernyőjét, és szerencsésen földet ért. A ballon térfogata a kiugrás pillanatában  $834497 \text{ m}^3$ , a külső hőmérséklet  $3,80 \text{ }^\circ\text{C}$  volt. A légnyomást a magasságból lehet számítani a következő egyenlettel:

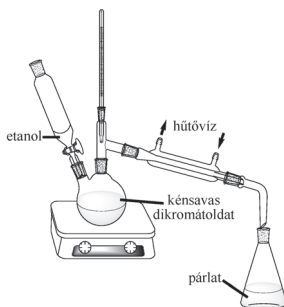
$$\log_{10} p = 5 - h/15500$$

(Itt a magasságot méterben kell megadni, a nyomást Pa-ban kapjuk meg.)

- Mekkora volt Baumgartner ballonjának teljes tömege (ballon anyaga + kabin + Baumgartner a szakfanderben) a héliummal feltöltés előtt?*
- Mennyit emelkedett még a léghajó Baumgartner kiugrása után? Baumgartner tömege a felszerelésével együtt  $84,0 \text{ kg}$  volt, a mért levegőhőmérséklet és a ballon térfogata a kiugrás után nem változott meg.*

(Turányi Tamás)

**H184.** Az etil-alkohol oxidációját a következő kísérlettel vizsgáljuk meg.  $40 \text{ cm}^3$  96 %-os etanolt ( $\rho = 0,78 \text{ g/ml}$ ) adtunk cseppenként  $70\text{--}80 \text{ }^\circ\text{C}$ -on ahhoz az oldathoz, amelyik  $200 \text{ g Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   $400 \text{ g}$  70 %-os  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ban való oldásával készült. A hozzácsepegtetés alatt folyamatosan desztilláltuk a keletkező illékony vegyülete(ke)t a következő készülékkel:



A kísérlet végén minden szerves komponenst ledesztilláltunk, és így 50,0 cm<sup>3</sup> párlatot kaptunk. A párlat négy, egyenként 5,00 cm<sup>3</sup>-es részletét vizsgáltuk meg:

A) Feleslegben adtunk hozzá KHCO<sub>3</sub>-oldatot. A keletkező gázt telített NaCl-oldat alatt felfogtuk, amely gyakorlatilag nem oldja a szén-dioxidot. A gáz térfogata 122 cm<sup>3</sup> volt ( $p = 99,0$  kPa,  $T = 18,0$  °C);

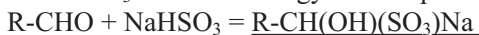
B) NaHSO<sub>3</sub>-oldat hozzáadásra 6 g csapadék vált le;

C) Feleslegben vett lúgos I<sub>2</sub>-oldattal hevítve 19,7 g csapadék válik le;

D) 25 cm<sup>3</sup> 2 M KOH-oldattal főzzük, a lúg feleslegét 2,15 M sósavval titrálva a fogyás 20,0 cm<sup>3</sup>.

Megjegyzés:

A NaHSO<sub>3</sub> oldhatatlan vegyületet képez aldehidekkel:



A lúgos jóoldat a következő rendezendő egyenletek alapján reagál etanollal és acetaldehiddel:

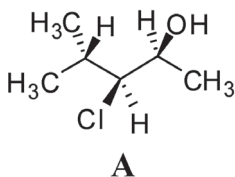


- Milyen vegyületeket tartalmaz a párlat?
- Írd fel a termékekhez vezető reakciók rendezett egyenleteit!
- Írd fel az analízis során lejátszódó reakciók rendezett egyenleteit!
- Hány mol található az egyes komponensekből 50 cm<sup>3</sup> párlatban?

(orosz feladat alapján Varga Szilárd)

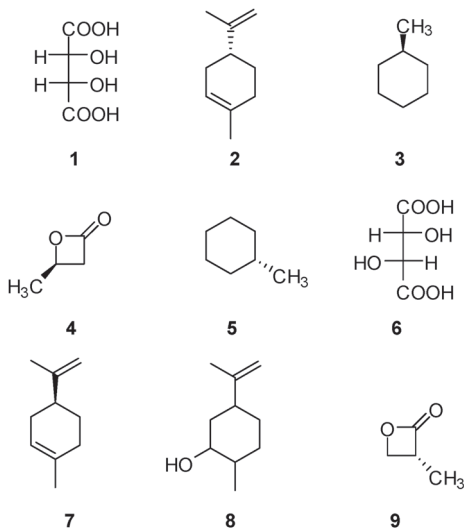
### H185.

- Ismert reakció, hogy az alkoholok ecetsavval savkatalízis mellett észtereket képeznek. D-glükóz 0,1 mol/dm<sup>3</sup>-es oldatának 10 cm<sup>3</sup>-éhez 1,8 g ecetsavat és 2 csepp tömény kénsavat adunk, majd forraljuk az oldatot. Milyen termék(ek)et várunk?
- Mi az **A** vegyület enantiomerjének szerkezete?



- Mi az **A** vegyület diasztereomerjének/diaszttereomerjeinek szerkezete?

- d) Jelöld a következő molekulákban \*-gal a kiralitáscentrumokat! Melyek alkotnak enantiomerpárokat? Melyek diasztereomerek? Melyik (melyek) mezoizomer(ek)?



(Varga Szilárd)

### HO-91.

1937-ben R. Schwarz és M. Schmeisser bróm freonos oldatát ozonizálta  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, és így egy sárgás-narancsos anyaghoz jutott. Kimutatták, hogy a képződött vegyület a bróm egyik oxidja (**A**). 37 év múlva J. Pascal írta le, hogy ezen oxid  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ról  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  történő melegítés során két másik bróm-oxiddá bomlik: egy kevésbé illékony aranysárga vegyületté (**B**) és egy illékony sötétbarnává (**C**). A vegyületek pontos vizsgálatához savas jodidoldatban nyelettek el őket. A képződő jódot  $0,065\text{ mol/dm}^3$ -es tioszulfátoldattal reagáltatták el, majd a brómtartalom meghatározásához  $0,02\text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú ezüst-nitrát-oldattal titrálták a mintákat. Itt műszeres végpontjelzést alkalmaztak, ezért el lehetett különíteni a jodidionokra és a bromidionokra fogyott ezüst-nitrátot. Csak az utóbbi értéket rögzítették. A vizsgálatok eredményét a következő táblázat foglalja össze:

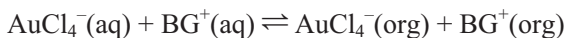
Vegyület	$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / \text{cm}^3$	$V(\text{AgNO}_3) / \text{cm}^3$
<b>A</b>	10,3	6,7
<b>B</b>	17,7	14,4
<b>C</b>	8,74	14,2

- a) Mi a képlete az **A-C** vegyületeknek? Válaszodat számolással indokold!  
 b) Mekkora tömegű mintákat használhattak a kémiai analízishez?  
 c) Rajzold fel az oxidok lehetséges szerkezetét!  
 d) Az alábbi adatok segítségével becsüld meg a bróm-oxidok képződéshőjét!  
 Kötési energiák: Br<sub>2</sub>: 193 kJ/mol, O<sub>2</sub>: 498 kJ/mol, Br–O: 230 kJ/mol, Br=O: 300 kJ/mol, a folyékony bróm párolgási entalpiája 31 kJ/mol.

(orosz feladat)

**HO-92.** Arany(III)-ionokat extraháltunk vizes sósavas oldatból 1,2-diklórétánnal. Ehhez a brilliant zöld (BG<sup>+</sup>) nevű kationos festéket adtuk a vizes oldathoz: a szerves fázis jól oldja a tetrakloro-aurát(III) és brilliant zöld kationja képezte sót. A szerves fázisban ennek a sónak a disszociációs állandója:  $K_d = 2,0 \cdot 10^{-6}$ . A kiindulási vizes oldat arany(III)-ion-tartalma  $c_1 = 1,0 \cdot 10^{-6}$  mol/dm<sup>3</sup> (1. oldat), amelynek 90 %-át tudjuk a szerves fázisba átvinni, ha azonos térfogatú 1,2-diklórétánnal extrahálunk. Az így kapott szerves oldat abszorbanciája 650 nm-en 0,11 (A<sub>1</sub>) volt. (Csak az aranyionokkal együtt kerülhet a brilliant zöld a szerves fázisba, más ellenionnal nem oldódik diklórétánban.)

Az extrakciós folyamatot a következőképpen írhatjuk le:



Ezt az egyensúlyt is egy állandóval, az úgynevezett megoszlási állandóval jellemezhetjük. Mivel a vizes fázisban mindig nagy feleslegben alkalmazzuk a BG<sup>+</sup> festéket, ezért ennek a komponensnek a koncentrációját az egyensúlyi állandó tartalmazza:

$$K_{\text{extr}} = [\text{AuCl}_4^-(\text{org})][\text{BG}^+(\text{org})]/[\text{AuCl}_4^-(\text{aq})]$$

- a) Számítsd ki, hogy az arany(III)-ionoknak hány százaléka található a szerves fázisban, ha a kiindulási vizes oldatban az arany koncentrációja  $c_2 = 1,0 \cdot 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup> (2. oldat)! A festékből nagy felesleget alkalmaznak.  
 b) Számítsd ki a 3. kiindulási vizes oldat aranytartalmát ( $c_3$ ), ha az extrakció után a szerves fázis abszorbanciája  $A_3 = 0,19$ ! Tételezzük fel, hogy a disszociált és disszociálatlan sónak ugyanannyi a moláris abszorpciós koefficiense.  
 c) A következő adatok platina(IV)-ionok brilliant zölddel történő extrakciójára vonatkoznak. A folyamat során a szerves fázisban a hexakloro-platinát(IV) és a BG<sup>+</sup> sóként oldódik.

Kezdeti koncentráció	A szerves fázis abszorbanciája
$c_4 = 1,0 \cdot 10^{-6}$ mol/dm <sup>3</sup>	$A_4 = 0,050$
$c_5 = 2,2 \cdot 10^{-5}$ mol/dm <sup>3</sup>	$A_5 = 0,15$

*Írd fel az extrakció kémiai egyenletét! Határozd meg a kiindulási platinaion-koncentrációját annak a vizes oldatnak ( $c_0$ ), amelyből majdnem teljesen (99%-ban) ki tudtuk oldani a fémionokat! A platinatartalmú só disszociációjától tekintsünk el!*

(orosz feladat)

**HO-93.** Elsőrendű reakciónak a reakciókinetika azokat a folyamatokat tekinti, amelyeknek reakciósebessége egy reaktáns koncentrációjával egyenesen arányos. Az érintett reaktáns koncentrációja ( $c$ ) az elsőrendű reakciókban exponenciális görbe mentén csökken az idő múlásával:

$$c = c_0 e^{-kt}$$

Itt  $c_0$  a reaktáns kiindulási koncentrációja,  $k$  pedig a reakcióra jellemző ún. reakciósebességi állandó.

Az elsőrendű reakciók kézenfekvő példái a radioaktív bomlások, amelyeket viszont nem reakciósebességi állandóval, hanem a kiindulási anyag felének elbomlásához szükséges idővel, a felezési idővel jellemeznek.

a) *Hogyan lehet a felezési időből kiszámítani a reakciósebességi állandót?*

Sok bomlási folyamat elsőrendű, ilyen például a dinitrogén-oxid bomlása elemeire kis nyomáson és magas hőmérsékleten. Egy evakuált edénybe 3827 Pa nyomású dinitrogén-oxidot töltve, az edényben mérhető nyomás 24,0 óra után 4248 Pa-ra emelkedett.

b) *Mi a bomlás felezési ideje, illetve reakciósebességi állandója a mérés alapján?*

Vizsgáljunk egy  $a\mathbf{A} \rightarrow b\mathbf{B} + c\mathbf{C}$  egyenlettel és  $k$  reakciósebességi állandóval jellemezhető elsőrendű bomlási reakciót.

c) *Ha tiszta  $\mathbf{A}$  anyagból indulunk, mennyi idő múlva és mekkora értéknél egyeznek meg a kiindulási anyag és az egyes termékek koncentrációi? Add meg a kiszámításhoz szükséges összefüggést!*

(Magyarfalvi Gábor)



# KÉMIA IDEGEN NYELVEN



## Kémia németül

*Szerkesztő: Dr. Horváth Judit*

A 2012/4. számban közzétett német szakszöveg értékelését a következő számban közöljük. A fordítások lapzártakor érkeztek; nagyon kíváncsi vagyok, hogyan sikerült a kis részlet fordítása Hans Landolt 1886-os eredeti cikkéből!

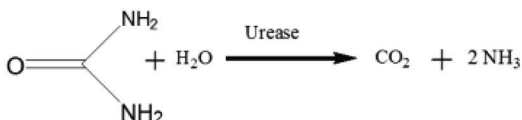
***Chemie auf Deutsch*** (fordításra kijelölt német nyelvű szakszöveg)

### Spaltung von Harnstoff mit Urease

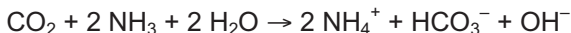
Urease ist das erste Enzym, das rein dargestellt werden konnte (1926). Es ist sehr stabil und kann in Form von Pulver gekauft und aufbewahrt werden. Der Name Urease leitet sich vom Substrat dieses Enzyms ab - dem Harnstoff (= lat. Urea). Urease ist weit verbreitet, sie kommt besonders in Pflanzensamen, Bakterien, Krebsen und Meeres-Muscheln vor.

Die Urease von Bodenbakterien spielt eine wichtige Rolle im Stickstoffkreislauf, denn ohne sie würde der hydrolysebeständigen Harnstoff der Jauche zu wenig rasch abgebaut – eine Stickstoffdüngung wäre nur schwer möglich. Die Urease beschleunigt die Reaktion gegenüber der nichtkatalysierten um den Faktor  $10^{14}$ !

Die Urease spaltet (hydrolysiert) Harnstoff, wobei Ammoniak und Kohlenstoffdioxid entstehen. Der Ammoniakgeruch von Gülle hat seinen Grund im bakteriellen Harnstoffabbau.



Die Reaktion lässt sich über die pH-Verschiebung mit einer Phenolphthalein-Lösung (Umschlagpunkt nach Rot bei pH 8,5) zeigen. Aufgrund des Ammoniaks bildet sich ein alkalisches Milieu aus, das zum Nachweis der Hydrolyse dient. (Letztlich entstehen Ammonium-, Hydroxid- und Hydrogencarbonat-Ionen.)



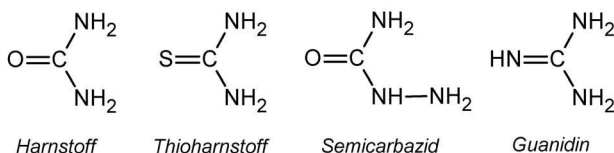
Die Reaktion der Urease lässt sich leicht an folgendem Experiment beobachten:

Man zermörsert ein paar Sojabohnen und schlämmt das erhaltene Mehl mit Wasser auf. Zu diesem Gemisch gibt man eine Spatelspitze voll Harnstoff und einige Tropfen von Phenolphthalein als Indikator. Nach kurzer Zeit zeigt eine Rosa-Färbung eine positive Reaktion an.

Die Beobachtung, dass die Reaktion einem Gleichgewichtswert zustrebt, auch wenn noch nicht aller Harnstoff aufgebraucht ist weist darauf hin, dass die Zunahme des pH-Werts die Enzymreaktion bremst. Man beobachtet hier also eine sogenannte **Endprodukthemmung**. Die Urease ist für diesen Prozess ein **Regler** mit einer **Negativen Rückkopplung**.

### Substratspezifität

Bekannt ist die Urease auch für eine ausgeprägte Substratspezifität. So werden ähnlich gebaute Verbindungen wie Thioharnstoff, Semicarbazid oder Guanidin nicht umgesetzt.



Diese Substanzen wirken gegenüber Harnstoff aufgrund ihrer sterischen Ähnlichkeit als kompetitiver Hemmer, konkurrieren also mit Harnstoff um die Anlagerungs- und sonstigen aktiven Zentren.

### Chemikalien:

Harnstoff (M = 60.06 g / mol)

Thioharnstoff (M = 76.13 g / mol)

Urease

Phenolphthalein 1 % in Ethanol (Merck)

**Glaswaren:**

3 Reagierkelche 350 mL

3 Glasrührstäbe

**Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen:**

Thioharnstoff erweist sich als gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und bei Berührung mit der Haut. Irreversibler Schaden möglich. Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben. Kann beim Menschen vermutlich Krebs erzeugen und ist möglicherweise fruchtschädigend. Haut- und Augenkontakt vermeiden. Schutzbrille, Schutzhandschuhe und gute Raumdurchlüftung erforderlich. Substanz darf nicht in die Kanalisation gelangen.

**Vorbereitung der Lösungen**

Harnstoff-Lösung: 2,4 g Harnstoff in 200 mL dest. H<sub>2</sub>O

Harnstoff/Thioharnstoff - Lösung: 2,4 g Harnstoff + 3 g Thioharnstoff in 200 mL dest. H<sub>2</sub>O

Thioharnstoff - Lösung: 3 g Thioharnstoff in 200 mL dest. H<sub>2</sub>O

Urease - Suspension: 60 mg Urease in 30 mL dest. H<sub>2</sub>O

**Versuchsdurchführung:**

Die drei Reagierkelche werden wie folgt versorgt:

Reagierkelch A: 200 mL Harnstoff - Lösung

Reagierkelch B: 200 mL Harnstoff / Thioharnstoff - Lösung

Reagierkelch C: 200 mL Thioharnstoff-Lösung

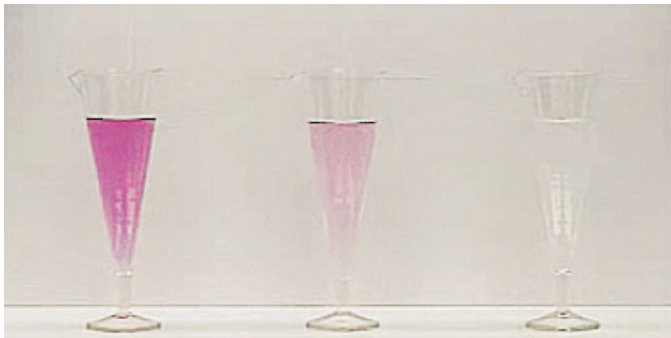
Jeweils 2 mL der alkoholischen Phenolphthaleinlösung und 10 ml der Urease - Suspension werden unter Rühren zu den vorgelegten Lösungen gegeben.

**V Versuchsergebnis:**

Die **Harnstofflösung** in Reagierkelch A färbt sich rot. Die Farbe wird rasch intensiver.

Die **Harnstoff/Thioharnstoff-Lösung** in Reagierkelch B nimmt erst nach einigen Minuten eine rote Farbe an.

Die wässrige Lösung von **Thioharnstoff** in Reagierkelch C bleibt farblos



*Harnstoff    Harnstoff+Thioharnstoff    Thioharnstoff*

Das Enzym kann lediglich Harnstoff, nicht jedoch den strukturähnlichen Thioharnstoff spalten. Wird eine Lösung von Harnstoff und Thioharnstoff mit Urease versetzt, so ist die Aktivität des Enzyms stark herabgesetzt. Wie Harnstoff, so kann auch Thioharnstoff an das aktive Zentrum des Enzyms gebunden werden. Somit ist das aktive Zentrum zeitweilig durch das falsche Substrat blockiert. Man spricht von einer **kompetitiven Hemmung**, da Substrat und Inhibitor in nahezu gleichem Maße um das aktive Zentrum konkurrieren. Durch Erhöhung der Substratkonzentration kann der Hemmstoff verdrängt und die kompetitive Hemmung wieder rückgängig gemacht werden.

### Vergiftbarkeit der Urease durch Schwermetall-Ionen

Schülerversuch; 10 min.

**Glaswaren:** 8 saubere Reagenzgläser, Tropfpipetten

**Chemikalien:** Dest. Wasser, Lösungen ( $w = 1\%$ ,  $X_n$ ) von Kupfersulfat ( $X_n$ ), Silbernitrat ( $X_i$ ) sowie Bleiacetat ( $T$ ), Harnstofflösung ( $w = 5\%$ ), Phenolphthaleinlösung ( $F$ ,  $X_n$ ), Urease.

#### Durchführung:

Man gibt in vier Reagenzgläser je 5 ml frische Harnstofflösung ( $w = 5\%$ ) mit Phenolphthalein, in vier weitere Reagenzgläser je 1 ml Wasser und eine Spatelspitze Urease und suspendiert das Enzym durch Schütteln.

Zu je einer Ureasesuspension pipettiert man 0,1 ml einer Schwermetallsalzlösung und lässt 2 - 3 min einwirken. Ein Reagenzglas bleibt ohne Schwermetallzusatz; es dient zum Vergleich.

Dann gießt man die Harnstofflösungen zu den Suspensionen.

**Ergebnis:**

Man beobachtet beim unvergifteten Enzym nach kurzer Zeit die Rotfärbung der Lösung aufgrund des gebildeten Ammoniaks, während die silber- sowie die kupferhaltige Lösung wegen der Vergiftung des Enzyms unverändert bleibt. Überraschenderweise reagiert auch die Mischung, die das Bleisalz enthält (etwas warten!).

Die Hemmung durch Schwermetall-Ionen ist übrigens reversibel. Als entgiftende Substanzen setzen wir EDTA oder die Aminosäure Cystein ein. Dies sind starke Komplexbildner, die mit der Urease um die Schwermetall-Ionen konkurrieren.

*Forrás:*

<http://www.experimente-in-der-schule.de/sekundarstufe/enzyme.php?offset=4>

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/katalyse/k-urease.htm>

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/katalyse/vkat-013.htm>

<http://server.pg.gd.bw.schule.de/~MuellerN/ABEnzyme.htm>

[http://www1.tu-darmstadt.de/fb/ch/Fachgebiete/OC/AKSchmidt/Avimec/UE/RASMOL/Chime\\_Urease.html](http://www1.tu-darmstadt.de/fb/ch/Fachgebiete/OC/AKSchmidt/Avimec/UE/RASMOL/Chime_Urease.html)

[http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Urease\\_Leitfaehigkeit.pdf](http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Urease_Leitfaehigkeit.pdf)

<http://www.demochem.de/D-Urease-d.htm>

*Beküldési határidő: 2013. április 1.*

**Cím:**

Horváth Judit (KÖKÉL német fordítási verseny)

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

Minden beküldött lap tetején szerepeljen a **beküldő neve, osztálya** valamint **iskolájának neve és címe**. A lapokat kérem összetűzni! Kézzel írt vagy szövegszerkesztővel készített fordítás egyaránt beküldhető. A kézzel írók (is) mindenképpen hagyjanak a **lap mindkét (bal és jobb) szélén min. 1 cm margót** (a pontoknak). Mindenki ügyeljen az olvasható írásra és a pontos címzésre!

**Kérek mindenkit, hogy az iskoláját és az osztályát mindenképpen tüntesse fel!**

## Kémia angolul

*Szerkesztő: MacLean Ildikó*

### Kedves Diákok!

A 2012/2013-as tanév első fordítására a szokásosnál kevesebben figyeltetek fel, a kiemelkedően szép fordítások azonban kárpótolták a javítókat. A javításokban segítségemre volt Mizsei Réka PhD-hallgató és Pós Eszter Sarolta ELTE-s hallgató is. A 2012/4. szám szakszövegének mintafordításához **Wappler Abigél** (Zrínyi Miklós Gimnázium) fordításának jelentős részét – **Ánosi Noel** (Szerb Antal Gimnázium) frappáns mondataival tarkítva – közöljük. Noel mondatait *dőlt* betűvel különböztetjük meg Abigélétől.

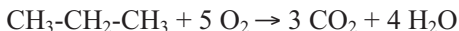
### Íme a 2012/4. számban közölt szakszöveg mintafordítása:

#### Az alkánok reakciói

Az alkánok és cikloalkánok, a ciklopropán kivételével, valószínűleg a szerves vegyületek kémiaiilag legkevésbé reakcióképes csoportját alkotják. Viszonylagos közömbösségük (inertségük) ellenére az alkánok néhány fontos reakcióban részt vesznek, amelyeket az alábbiakban tárgyalunk.

#### 1.Égés<sup>1</sup>

A szénvegyületek égése, különösen a szénhidrogéneké volt a legfontosabb hőenergia-forrás az emberi civilizáció számára az írott történelem során. Ennek a reakciónak a gyakorlati jelentősége tagadhatatlan, de az égésben zajló nagyszabású és szabályozatlan kémiai változások megnehezítik a reakció-mechanizmussal kapcsolatos következtetések levonását. A propán égésének példájából kiindulva, a következő egyenletből látjuk, hogy a reagáló anyagok minden kovalens kötése felszakadt és teljesen új stabil kovalens kötések jöttek létre a termékekben. Nincs még egy ilyen reakció, ami olyan mélyreható lenne, és jelentős változást vonna maga után; az égés mechanizmusa olyan összetett, hogy a kémikusok csak most kezdik felfedezni és megérteni ennek a reakciónak néhány alapvető tulajdonságát.



A reakcióhoz kapcsolódó két fontos kitétel:

*Mivel a reagáló molekulákban az összes kovalens kötés felszakadt, a reakció során fejlődött hő mennyisége a kötések erősségével hozható összefüggésbe (és persze a keletkezett anyagban kialakuló kötések erősségével). Az **égéshő**<sup>2</sup> pontos mérése hasznos információval szolgálhat a molekulák szerkezetéről.*

*A reagáló anyagok **sztoichiometriai aránya**<sup>3</sup> fontos. Ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű oxigén, a termék egy része a súlyosan mérgező CO gáz lesz.*

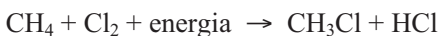
**Égéshő**

Az előzőek alapján arra számítottunk, hogy az izomereknek azonos égéshője lesz. Azonban néhány egyszerű mérés megingathat efelőli meggyőződésünkben. Így adódik, hogy a pentán égéshője  $-782$  kcal/mol, de a 2,2-dimetilpropán (neopentán) izomeré  $-777$  kcal/mol. Az ilyen különbségek rámutatnak a kicsiny szerkezeti különbségekre, például, hogy nagyobb a primer szénatomhoz kapcsolódó hidrogén esetén a C–H **kötési energia**<sup>4</sup> a szekunder helyzetű C–H kötéséhez képest; de rámutatnak a térben közel kerülő csoportok helyzetéből következő különbségekre is. A kisméretű gyűrűs vegyületekben a gyűrűfeszültség jelentős mértékben befolyásolja a **termodinamikai stabilitást**<sup>5</sup> és a **reakciókészséget**<sup>6</sup>.

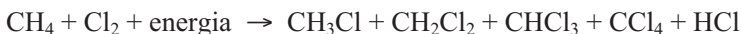
A gyűrű feszülésének legfőbb forrása a kisebb gyűrűkben a **szögfeszültség**<sup>7</sup> és a **konformációs feszültség**<sup>8</sup>. A ciklopropán és a ciklobután esetén mindkét feszültség jelentős, a szögfeszültség kiemelkedő jelentőségű. A szögfeszültség következményeként a reakcióképességben bekövetkező változások a ciklopropán esetében drámaiak, és a ciklobutánnál is egyértelműek. A ciklopropán reakciói addíciós reakciók, sokat ebből elektrofil támadások indítanak meg. A  $\beta$ -pinén pirolitikus átalakulása mircénné valószínűleg az 1:6-os kötés felszakadásával kezdődik, és így allil jellegű tercier kettősgyököt ad, ezt követően az 5:7-es kötés is azonnal felszakad.

**2. Halogénezés<sup>9</sup>**

A halogénezésről beszélünk egy szerves vegyületben akkor, amikor egy vagy több hidrogénatom kicserélődik valamilyen halogénatomra (**fluorra**, **klórra**, **bromra** vagy **jódra**<sup>10</sup>). Ellentétben az égés mindent átalakító voltával, egy alkán halogénezésénél egy egyszerű **szubsztitúciós**<sup>11</sup> reakció megy csupán végbe, ahol a C–H kötés felszakad, és új C–X kötés alakul ki. A metán klórozása, ami alább látható, egy egyszerű példája az ilyen reakcióknak.



Miután csak két kovalens kötés szakad fel (C-H és Cl-Cl) és két kovalens kötés jön létre, ez a reakció ideálisnak tűnik a mechanizmus vizsgálatára és következtetések levonására. Azonban egy probléma mégis akad, mégpedig az, hogy egy alkán minden hidrogénatomja képes szubsztitúcióra, és így termékek keveréke jöhet létre, amint az a következő **rendezetlen egyenletben**<sup>12</sup> is látszik. A termékek relatív aránya függ a két reaktáns arányától. A metán esetében a szénhidrogén nagy feleslege mellett metil-klorid keletkezik főtermékként, míg a klórfelesleg a **kloroform**<sup>13</sup> és a **szén-tetraklorid**<sup>14</sup> keletkezését részesíti előnyben.



A következő tényeknek kell megfelelnie a halogénezési reakció elfogadható mechanizmusainak:

1. A halogének reakcióképessége a következő sorrendben csökken:  $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$
2. A figyelmünket a klórra és brómra érdemes korlátozni, mivel a fluor olyan robbanásszerűen reagál, hogy nehéz lenne kordában tartani, és a jó általában véve viszont kevésbé reakcióképes.
3. A **klórozások**<sup>15</sup> és **brómozások**<sup>16</sup> normális esetben exoterm reakciók.
4. Energiát hő vagy fény formájában kell befektetni a halogénezési reakciók beindításához.
5. Ha fény használatával indítjuk be a halogénezést, akkor molekulák ezrei reagálnak az abszorbeált fény egyetlen fotonjának hatására.
6. A halogénezés gázfázisban vagy folyadékfázisban zajlik.
7. A gázfázisban a klórozást az oxigén (egy gyökfogó) jelenléte gátolja.
8. A folyadékfázisban a gyökös láncindítók, úgymint a peroxidok, elősegítik a reakciót.

A legvalószínűbb mechanizmusa a halogénezésnek a semleges köztitermékeken (szabad gyökökön és atomokon) át végbemenő **láncreakció**<sup>17</sup>. A leggyengébb kovalens kötés a reaktánsokban a halogén-halogén kötés ( $\text{Cl-Cl} = 58 \text{ kcal/mol}$ ;  $\text{Br-Br} = 46 \text{ kcal/mol}$ ). Így a láncindító lépés ennek a kötésnek a homolitikus felhasadása hő vagy fény hatására. Megjegyzendő, hogy a klór és a bróm egyaránt elnyelik a látható fényt (színesek). A metán klórozására már leírtak egy láncreakciók mechanizmust. Az alkánok brómozása hasonló mechanizmussal megy végbe, de ez lassabb és szelektívebb, mert a brómatom kevésbé reaktív, mint a klóratom a hidrogénelvonási reakciókban, ami visszatükröződik abban is, hogy a H-Cl-nek nagyobb a kötési energiája, mint a H-Br-nek.



## Szelektivitás

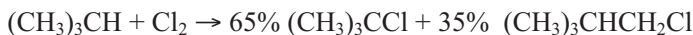
Amikor az etánnál nagyobb alkánokat halogénezznek, akkor izomerek keletkeznek termékként. Így a propán klórozása egyaránt adhat 1-klórpropánt és 2-klórpropánt **egyszeresen klórozott**<sup>18</sup> termékként. Négy konstitúciós izomerje lehetséges a **kétszeresen klórozott** termékeknek, és öt konstitúciós izomerje létezik a **háromszorosan klórozott** propánnak. A propán halogénezése ezeknek a reakcióknak azt az érdekes tulajdonságát fedi fel, hogy egy összetett alkánban a hidrogének nem mutatnak azonos reakcióképességet. Például a propán nyolc hidrogént tartalmaz, és ezekből hat szerkezetileg egyenértékű primer és a maradék kettő szekunder. Ha minden hidrogénatom azonos reakcióképességű lett volna, akkor a halogénezésnél 1-halopropánnak és 2-halopropánnak 3:1 arányban kellett volna monohalogénezett termékként keletkeznie a primer és szekunder szénatomhoz kapcsolódó hidrogének számának megfelelően. Mi azonban nem ezt figyeltük meg. 25 °C-on gázfázisban fény hatására a klórozás 45%-ban 1-klórpropánt és 55%-ban 2-klórpropánt adott.



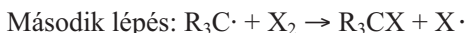
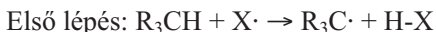
A brómozás eredménye (fény által beindított, 25 °C-on) még inkább meglepő, ugyanis a 2-brómpropán adja a monobróm termékek 97%-át.



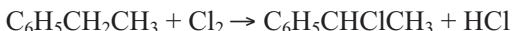
Ezek az eredmények erősen amellett szólnak, hogy a szekunder hidrogének természetüknél fogva hozzávetőleg háromszor reaktívabbak, mint a primer hidrogének. A további kísérletek megmutatták, hogy a tercier hidrogének még reaktívabbak a halogénatomokkal lejátszódó reakciókban. Ekképpen a 2-metilpropán fény által elindított klórozása túlnyomóan (65%) 2-klór-2-metilpropánt, az egyetlen tercier hidrogén szubsztitúciójának termékét adta, a molekulában jelen lévő kilenc 1°-hidrogén dacára.



A két lépés áttekintéséből egyértelmű, hogy a gyökös mechanizmusú láncreakció első lépése (a hidrogén elvonása) lesz a terméket meghatározó lépés. Amint létrejön a szengyök, a következőkben a halogénatommal alakít ki kötést (ez a második lépés), s ez kizárólag a gyökön mehet végbe. Ennek megfelelően csak úgy érthetjük meg, hogy miért a szekunder és tercier atomok hajlamosabbak szubsztitúcióra, ha az első lépést vizsgáljuk.



Mivel a H-X termék minden reakcióban közös, a reakcióképesség különbségei kizárólag a C-H kötés felszakításához szükséges energiák különbségének tudhatók be. A C-H kötésfelszakítási energiák különbségei a primer ( $1^\circ$ ), a szekunder ( $2^\circ$ ) és a terciér ( $3^\circ$ ) helyzetű kötések esetén egybeesnek a halogénezési reakciók során megfigyelvekkel. Ez azt jelenti, hogy a gyengébb kötések felszakadása sokkal könnyebb, mint az erős kötéseké. Ennek alapján azt várjuk, hogy **benzil**<sup>19</sup> és **allil**<sup>20</sup> helyzetű atomok a szabad gyökös halogénezésben rendkívül reakcióképesek, amit kísérletek is igazolnak. A **toluol**<sup>21</sup>,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  metilsoportja készséggel klórozódik vagy brómozódik szabad gyökös „indítók” (többnyire peroxidok) jelenlétében, és az etil-benzol is hasonlóan klórozódik kizárólag a benzil helyzetű hidrogéneken. Azok a hidrogénatomok, amelyek aromás gyűrűhöz kapcsolódnak, nem cserélődnek ki, mivel viszonylag nagy a kötésük felszakításához szükséges energia.



Miután a szén-szén kettős kötés gyorsan adicionálja a klórt és a brómot folyadékfázisban, az alkének szabad gyökös szubsztitúciós reakcióit ezekkel a halogénekkal gázfázisban vagy más halogénező reagensek segítségével kell kivitelezni.

A szövegben előfordult, fordításkor nehézséget okozott szakkifejezések:

<sup>1</sup>**combustion** - égés

<sup>2</sup>**heat of combustion** - égéshő

<sup>3</sup>**stoichiometry** - sztöchiometria, sztöchiometriai arány

<sup>4</sup>**bond energy** - kötési energia

<sup>5</sup>**thermodynamic stability** - termodinamikai stabilitás

<sup>6</sup>**chemical reactivity** - reakcióképesség (sokan kémiai reakcióképességnek fordították, ám a jelző felesleges, mivel a reakcióképesség fogalma egyértelműen kémiai reakciókra értendő)

<sup>7</sup>**angle strain** - szögfeszültség

<sup>8</sup>**eclipsing strain** - konformációs feszültség (átfedésből, ligandumok közelségéből adódó feszültség). Magyar nyelven bevett gyakorlat torziós feszültségnek nevezni ezt.

<sup>9</sup>**halogenation** - halogénezés

<sup>10</sup>**fluorine, chlorine, bromine, iodine** - fluor, klór, bróm, jód

<sup>11</sup>**substitution reaction** - szubsztitúciós reakció, szubsztitúció

<sup>12</sup>**unbalanced reaction** - rendezetlen egyenlet/reakció. Helytelen a fordítás, ha a szó hétköznapi, leggyakoribb jelentését használtátok, pl. egyensúlyban nem lévő, kiegyensúlyozatlan.

<sup>13</sup>**chloroform** - kloroform

<sup>14</sup>**carbon tetrachloride** - szén-tetraklorid

<sup>15</sup>**chlorination** - klórozás

<sup>16</sup>**bromination** - brómozás

<sup>17</sup>**chain reaction** - láncreakció

<sup>18</sup>**monochlorinated, dichlorinated, trichlorinated** - egyszeresen klórozott, kétszeresen klórozott, háromszorosan klórozott

<sup>19</sup>**benzylic** - benzil helyzetű szénatom (olyan szénatom, amely aromás gyűrűhöz kapcsolódik)

<sup>20</sup>**allylic** - allil helyzetű szénatom (olyan szénatom, amely egy kettős kötésben részt vevő szénatomhoz kapcsolódik)

<sup>21</sup>**toluene** - toluol

A téma könnyű volta ellenére sajnos több fordító figyelmét elkerülte a halogénelemek nevének pontos fordítása. Érdemes odafigyelni a végződésekre: **fluorine, chlorine** stb. esetén az elemről és nem az ionról beszélünk. Ilyenkor az **-ine** végződés segíti a fordítót. Ha ionokról lenne szó, akkor a végződés **-ide** lenne, mint a **chloride** esetén, amelyet helyesen kloridionnak fordítunk.

Nemcsak a kémiai pontosság, hanem a szinonimák közül a legmegfelelőbb kiválasztása is okozhat nehézséget: például a **brake/broke/broken** ige kémiai értelemben a kötés *felszakadását* és nem pedig törését/eltörését jelenti.

Sokan próbáltátok a legmegfelelőbbben kifejezni magatokat az **eclipsing strain** kifejezés kapcsán, ami *Puska Zoltánnak* sikerült a legtökéletesebben a konformációs feszültség kifejezés találó alkalmazásával. A magyar szakkönyvek inkább a *torziós feszültség* kifejezést használják. Itt jegyzendő meg, hogy a **strain** szó, bár jelent *törzset* is (botanikai értelemben), ám itt a feszültség jelentése a molekula stabilitására vonatkozik.

Íme, az újabb fordítandó feladat:

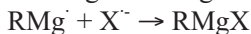
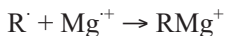
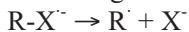
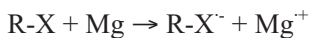
### Grignard reaction

The **Grignard reaction** is an organometallic chemical reaction in which alkyl- or aryl-magnesium halides (**Grignard reagents**) add to a carbonyl group in an aldehyde or ketone. This reaction is an important tool for the formation of carbon–carbon bonds. The reaction of an organic halide with magnesium is *not* a Grignard reaction, but provides a Grignard reagent.

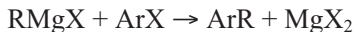
Grignard reactions and reagents were discovered by and are named after the French chemist François Auguste Victor Grignard (University of Nancy, France), who was awarded the 1912 Nobel Prize in Chemistry for this work. Grignard reagents are similar to organolithium reagents because both are strong nucleophiles that can form new carbon-carbon bonds.

### Preparation of Grignard reagent

Grignard reagents form via the reaction of an alkyl or aryl halide with magnesium metal. The reaction is conducted by adding the organic halide to a suspension of magnesium in an etherial solvent, which provides ligands required to stabilize the organomagnesium compound. Empirical evidence suggests that the reaction takes place on the surface of the metal. The reaction proceeds through single electron transfer: In the Grignard formation reaction, radicals may be converted into carbanions through a second electron transfer.



A limitation of Grignard reagents is that they do not readily react with alkyl halides via an  $\text{S}_{\text{N}}2$  mechanism. On the other hand, they readily participate in transmetalation reactions:



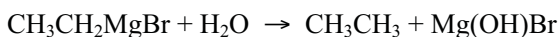
For this purpose, commercially available Grignard reagents are especially useful because this route avoids the problem with initiation.

## Reactions of Grignard reagents

### Grignard reagents and water

Grignard reagents react with water to produce alkanes. This is the reason that everything has to be very dry during the preparation above.

For example:



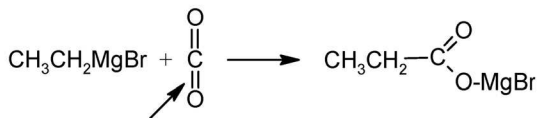
The inorganic product,  $\text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$ , is referred to as a “basic bromide”. You can think of it as a sort of half-way stage between magnesium bromide and magnesium hydroxide.

### Grignard reagents and carbon dioxide

Grignard reagents react with carbon dioxide in two stages. In the first, you get an addition of the Grignard reagent to the carbon dioxide.

Dry carbon dioxide is bubbled through a solution of the Grignard reagent in ethoxyethane, made as described above.

For example:

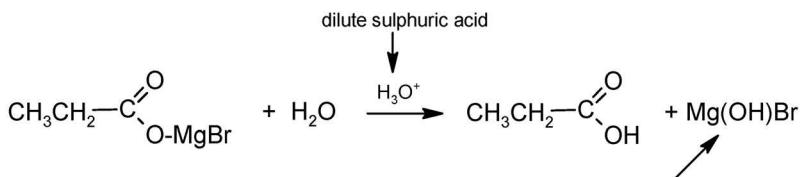


The  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}$  adds  
on across this double bond.

The product is then hydrolysed (reacted with water) in the presence of a dilute acid. Typically, you would add dilute sulphuric acid or dilute hydrochloric acid to the solution formed by the reaction with the  $\text{CO}_2$ .

A carboxylic acid is produced with one more carbon than the original Grignard reagent.

The usually quoted equation is (without the red bits):



This reacts with the dilute sulphuric acid  
to give ordinary  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$  ions, bromide  
ions and water.

Almost all sources quote the formation of a basic halide such as  $\text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$  as the other product of the reaction. That's actually misleading because these compounds react with dilute acids. What you end up with would be a mixture of ordinary hydrated magnesium ions, halide ions and sulphate or chloride ions - depending on which dilute acid you added.

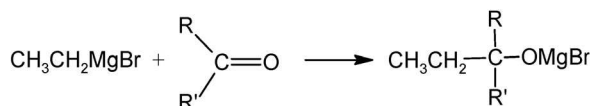
### The general reaction between Grignard reagents and carbonyl compounds

The reactions between the various sorts of carbonyl compounds and Grignard reagents can look quite complicated, but in fact they all react in the same way - all that changes are the groups attached to the carbon-oxygen double bond.

It is much easier to understand what is going on by looking closely at the general case (using "R" groups rather than specific groups) - and then slotting in the various real groups as and when you need to.

The reactions are essentially identical to the reaction with carbon dioxide - all that differs is the nature of the organic product.

In the first stage, the Grignard reagent adds across the carbon-oxygen double bond:



Dilute acid is then added to this to hydrolyse it. (I am using the normally accepted equation ignoring the fact that the  $\text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$  will react further with the acid.)



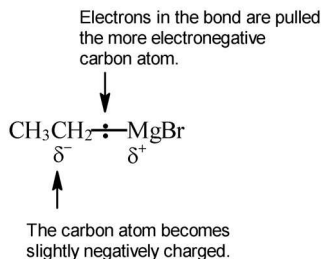
An alcohol is formed. One of the key uses of Grignard reagents is the ability to make complicated alcohols easily.

What sort of alcohol you get depends on the carbonyl compound you started with - in other words, what R and R' are.

### *Why do Grignard reagents react with carbonyl compounds?*

The bond between the carbon atom and the magnesium is polar. Carbon is more electronegative than magnesium, and so the bonding pair of electrons is pulled towards the carbon.

That leaves the carbon atom with a slight negative charge.



The carbon-oxygen double bond is also highly polar with a significant amount of positive charge on the carbon atom. The nature of this bond is described in detail elsewhere on this site.

The Grignard reagent can therefore serve as a **nucleophile** because of the attraction between the slight negativeness of the carbon atom in the Grignard reagent and the positiveness of the carbon in the carbonyl compound.

A **nucleophile** is a species that attacks positive (or slightly positive) centres in other molecules or ions.

Forrás:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Grignard\\_reaction](http://en.wikipedia.org/wiki/Grignard_reaction)

<http://www.chemguide.co.uk/organicprops/haloalkanes/grignard.html>

Mindenkit kérek, hogy a dokumentumokat **csatolt fájlként** (.doc formátumban!) küldje, és a dokumentum bal felső sarkában szerepeljen a neve, iskolája és osztálya. A dokumentum elnevezésekor a neveteket feltétlenül tüntessétek fel!

A **helyesírást**okat a beküldés előtt alaposan **ellenőrizzétek**, az elgépeléseket korrigáljátok. A lefordított szöveget bátran olvassátok át többször, kérjétek meg másokat erre, hogy minél inkább szépen megfogalmazott művet adjatok ki kezetek közül.

A következő fordítást is a már a megszokott címre küldjétek:

[kokelangol@gmail.com](mailto:kokelangol@gmail.com)

**Beküldési határidő: 2013. február 11.**

## KERESD BENNE A KÉMIÁT!



**Szerkesztő: Kalydi György**

### Kedves Diákok!

Nagy örömömről szolgál, hogy ebben a tanévben minden eddigénél többen küldtél vissza a megoldásokat. Remélem, ez a lelkesedés továbbra is megmarad. Először közlöm az első két idézet megoldásait, majd két új idézetet. A megoldásokat a [kalydigy@gmail.com](mailto:kalydigy@gmail.com) vagy levélben a Krúdy Gyula Gimnázium, 9024 Győr, Örkény út 8-10. címre küldjétek. Beküldési határidő: 2013. február 11. Jó versenyzést kívánok mindenkinek!

### Megoldások

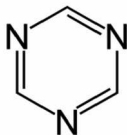
#### 1. idézet

1. Színtelen, keserűmandula szagú, mérgező, illékony folyadék (forráspontja légköri nyomáson 25,7 °C). Az idézetben a halmazállapot körül nincs minden rendben, hiszen a szerző az *öntött* szót használja, tehát folyékony halmazállapotra gondol, de a fordító ciángázt ír. A régi neve kéksav. (7)
2. A vízzel szemben nagyon gyenge savként viselkedik. Hosszabb állás után lassan hidrolizál.  

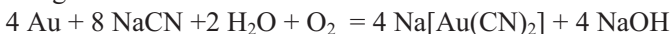
$$\text{HCN} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCOONH}_4$$
 A keletkezett vegyület neve: ammónium-formiát. (6)
3.  $4\text{HCN} + 5\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (2)
4.  $\text{HCN} + \text{KOH} = \text{KCN} + \text{H}_2\text{O}$  (2)
5. A hidrogén-cianid sói. (2)
6. A levegőben lévő szén-dioxid és víz hatására felszabadul a keserűmandula szagú hidrogén cianid.  $2\text{KCN} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCN}$  (6)



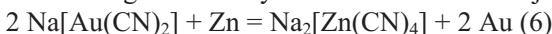
7. A cseppfolyós hidrogén-cianid lassan polimerizálódik, és triazin keletkezik. (3)



8. Az aprított ércet 0,1-0,25 %-os nátrium-cianiddal lúgozzák ki, miközben levegőt fúvatnak hozzá.



A cianidlúgból az aranyat cinklemezzel választják le:



9. 2000-ben egy erdélyi aranybánya tározójának gátja átszakadt, és a cianiddal terhelt víz a Szamoson keresztül a Tiszába ömlött, ahol az élővilág nagy részét elpusztította. (6)

Összesen: 40 pont

## 2. idézet

1. Mert a papíron nyomot hagyott, így régen írtak vele. (3)
2.  $\text{Pb} + \text{HCl}$ : nincs reakció, mert rosszul oldódó  $\text{PbCl}_2$  csapadék keletkezik.  $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4$ : nincs reakció, mert rosszul oldódó  $\text{PbSO}_4$  csapadék keletkezik.  $\text{Pb} + 4 \text{ HNO}_3 = \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{ NO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$  (6)
3. Ez az ólom-tetraetil, képlete:  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ , ezzel javították a benzin oktánszámát. Azért tiltották be, mert az ólom mérgező. (5)
4. A galenit képlete:  $\text{PbS}$ . Ezt először pörkölik,  $2 \text{ PbS} + 3 \text{ O}_2 = 2 \text{ PbO} + 2 \text{ SO}_2$ , majd szén redukció következik:  $\text{PbO} + \text{C} = \text{Pb} + \text{CO}$ . (6)
5. Az ólom és vegyületei is mérgezők. A szervezetbe jutott ólom lerakódik és felhalmozódik a szervezetben, és nehezen ürül ki. (3)
6. A kénsav az ólommal rosszul oldódó  $\text{PbSO}_4$  csapadékot képez. A 80 %-osnál töményebb sav azonban feloldja a védőréteget. (4)
7. Arany = Nap, ezüst = Hold, réz = Vénusz, Ólom = Szaturnusz, ón = Jupiter, vas = Mars, higany = Merkúr. (13)

Összesen: 40 pont

	Név	Iskola	1.	2.	$\Sigma$
			<b>40</b>	<b>40</b>	<b>80</b>
1.	Garda Luca	Vasvári Pál Gimnázium, Székesfehérvár	36	37	73
2.	Tihanyi Áron	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	35	38	73
3.	Heilmann Tímea	Városmajori Gimnázium, Budapest	35	38	73
4.	Nagy Ferenc	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	36	36	72
5.	Baglyas Márton	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	32	40	72
6.	Tóth Noémi	Vegyipari Szakközépiskola, Debrecen	38	34	72
7.	Gacs Veronika	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	35	36	71
8.	Wappler Abigél	Zrínyi Miklós Gimnázium, Zalaegerszeg	38	30	68
9.	Meszlényi Valéria	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	33	35	68
10.	Olasz Orsolya	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	29	38	67
11.	Pápai Gábor	Garay János Gimnázium, Szekszárd	31	34	65
12.	Mudrics Renáta	Vasvári Pál Gimnázium, Székesfehérvár	31	34	65
13.	Szemes András	Bárdos László Gimnázium, Tatabánya	31	33	64
14.	Fenyvesi Nicola	Petőfi Sándor Gimnázium Bonyhád	33	29	62
15.	Szentgyörgyi Flóra	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	27	35	62
16.	Losonczy Imre		32	30	62
17.	Fülöp Bence	Teleki Blanka Gimnázium, Székesfehérvár	32	29	61
18.	Baráth Enikő	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	26	35	61
19.	Boros Evelin	Zentai Gimnázium	32	28	60
20.	Gerner Orsolya	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	31	26	57
21.	Tóth Leticia	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	29	28	57
22.	Illés Gabriella	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	29	26	55
23.	Gosztola Mónika	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	19	24	43
24.	Icha Benjamin	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	19	23	42
25.	Kiss Balázs	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	22	20	42
26.	Kosztai Margit		17	23	40
27.	Dani Máté	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	22	17	39
28.	Kerekes Klaudia		19	19	38
29.	Molnár Katalin	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	18	17	35
30.	Kota Gabriella	Ady Endre Gimnázium, Debrecen	19	15	34

	Név	Iskola	1.	2.	$\Sigma$
			<b>40</b>	<b>40</b>	<b>80</b>
31.	Hanák Karolina	Zentai Gimnázium	7	23	30
32.	Borza Niki	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	18	5	23
33.	Tóth Olivér	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	11	9	20
34.	Árki Bianka	Szent Orsolya Római Kat. Gimnázium, Sopron	15	5	20
35.	Szijártó Péter	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	20	0	20
36.	Gombita Kristóf	Petőfi Sándor Gimnázium, Bonyhád	18	0	18

## Új idézetek

### 5. idézet

*„Ujjaival a szöveten keresztül megragadta a kis fadarabkát, de hiába, nem tudta kihúzni a selyem alól. Föltehetőleg gyufát talált, mégpedig egyetlen szálát, vigyáznia kellett hát, hogy le ne dörzsölje róla a foszforos gyújtófejet.” (Jules Verne: A rejtelmes sziget)*

#### Kérdések:

1. Sorold fel a foszfor allotróp módosulatait, jellemezd a két ismertebbet téralkat, rácestípus, oldhatóság, keménység és toxicitás alapján!
2. Ki fedezte fel a foszfort és mikor? Miből és hogyan állította elő, mit jelent a neve?
3. Miért fontos az élőlényekben jelenlévő foszfor?
4. Ki fedezte fel a vörösfoszfort?
5. A vörösfoszfor felfedezője kínos helyzetbe került, amikor három alkímista Bécsbe látogatott. Kik voltak az alkímisták, mikor volt ez, és mit akartak Bécsben?
6. Az ifjabbik Curie házaspárral is kapcsolatba hozható a foszfor egyik izotópjá. Miért nagy jelentőségű ez? Egyenletet is írj!

### 6. idézet

*„Ilonka éppen csak szippantott egyet a szabad levegőből, amely bár dohos volt itt, amiként Tarkó mondá, mégis szinte ózondúsnak tűnt a csatorna fullasztó büze után.” (Hollós Korvin Lajos: A vörös torony kincse)*

Kérdések:

1. Ki és mikor fedezte fel az ózont? Mit jelent a neve?
2. Sokszor halljuk: Az erdei levegő ózondús. Igaz-e a megállapítás vagy nem? Magyarázd meg miért!
3. Hogyan mutatható ki az ózon jelenléte? Egyenletet is írf!
4. Hogyan keletkezik az ózon?
5. Jellemezd az ózonmolekula szerkezetét!
6. Született-e már Nobel-díj az ózon, illetve az ózonlyuk kutatásával kapcsolatban? Ha igen, ki (kik) és mikor kapta (kapták)?
7. A szerves kémiában ismert az ozonidos lebontás. Ki fedezte fel, mikor, és mi a lényege?
8. Az ózonnal kapcsolatban meg kell említeni a sztratoszférikus ózonréteg védelmét szolgáló montreali egyezményt. Mikor volt ez, mit vállaltak az aláíró országok? Kb. hány ország írta alá?
9. Miért gond, ha „elvékonyodik” az ózonréteg? Írf legalább öt problémát!

## „HATÁRTALAN KÉMIA...”



*Szalay Luca*

### **Digitális tartalmak használata a kémia tanítása során**

Tapasztalataim szerint sok kémiatanár kolléga vegyes érzelmekkel viseltetik a digitális taneszközök és tananyagok iránt. Egyrészt minden jó tanárt hajt az újítás vágya, hiszen mindnyájan szeretnénk lebilincselően érdekes, a diákokat a kémia tanulására ösztönző órákat tartani, és ebben nyilvánvalóan segítségünkre lehetnek a modern számítástechnika által biztosított új lehetőségek. Másrészt azonban tudatában vagyunk annak is, hogy számos feltételnek kell teljesülnie ahhoz, hogy a digitális tartalmak alkalmazására tett kísérletek egyértelmű sikerrel végződjenek, és ezek nyomán felhasználásuk a mindennapi munkánk részévé váljon. Sokak számára elkél tehát némi iránymutatás arra vonatkozóan, milyen lehetőségeink és korlátaink vannak ebben a vonatkozásban. Segítséget nyújthat például egy, az ELTE Kémiai Intézetében ebben a témában frissen elkészült szakdolgozat [1], amelyből annyi hasznos információt szeretnék most megosztani az érdeklődő kémiatanár kollégáimmal, amennyit e cikk keretei megengednek. (A szakdolgozat teljes szövege letölthető lesz a Magyar Kémikusok Egyesülete által a kémiatanárok számára létrehozott, hamarosan megnyíló honlapról.)

Az Oktatási Hivatal tankönyvvé nyilvánítási útmutatójának „Digitális taneszköztípusok” részében megfogalmazottak szerint a digitális tananyagok „*pedagógiai elvek alapján, az informatika lehetőségeit az oktatási célok mentén kihasználva felépített oktatási anyagok*” [2]. Azonban az oktatáshoz nemcsak a hivatalosan digitális tananyaggá nyilvánított tartalmak alkalmazhatók, hanem bármely olyan tartalom is, amely különféle célok (pl. motiváció, szemléltetés, gyakorlás) érdekében infokommunikációs eszköz (pl. számítógép, okostelefon) segítségével használható.

A digitális tartalmak rendszerezése érdekében az interaktivitás szempontjából a következő három csoport különböztethető meg:

1. *Statikus tartalmak* (pl. grafikonok, ábrák, képek, szövegek, szövegrészek és ezek kombinációi);
2. *Dinamikus tartalmak* (pl. filmek, videók, animációk, amelyek adott esetben megállíthatók, lassíthatók, illetve hanggal vagy hang nélkül többször is újra lejátszhatók);
3. *Interaktív tartalmak* (pl. tesztkérdések, párosító, csoportosító feladatok, keresztrejtvények, dominó és más páros, illetve társasjátékok, szimulációs feladatok stb., amelyek használata szükségessé teszi a diákok cselekvő közreműködését).

Egy adott digitális tartalom azonban önmagában nem rendelkezik az interaktivitással arányos pedagógiai értékkel, hiszen ez utóbbi annak a függvénye, hogy valamely oktatási-nevelési szituációban mennyire hasznosul, ami pedig tudvalevően nagyon sok tényezőtől függ. Gyakorló tanárok számára természetes, hogy egy jól megválasztott kép, szövegrészlet vagy grafikon is tehet az adott helyzetben remek szolgálatot, míg máskor jobban segítheti a megértést például egy ügyes animáció. Gyakorláshoz és otthoni tanuláshoz azonban kétségtelenül a szakmai, technikai és esztétikai szempontból jól szerkesztett, hibátlanul működő és a diákok tudásszintjének éppen megfelelő interaktív feladatok és játékok jelentik azokat a napról napra bővülő új lehetőségeket, amelyeket az infokommunikációs technológia a kezünkbe ad, és amelyeket ma már semmiképp sem hagyhatunk kihasználatlanul parlagon heverni. Ezek alkalmazásához nem kell feltétlenül a drága, és beüzemelésével az előkészületekhez szükséges időtartamot némiképp megnövelő interaktív tábla (bár kétségtelen tény, hogy a diákok szeretik az ilyen feladatokat ennek segítségével megoldani, különösen amíg ez a módszer számukra az újdonság erejével hat). Az interaktív feladatok ugyanis otthoni gyakorlás és tantermi használat során is (ez utóbbi esetben természetesen a számítógépen látható képet egy projektorral kivetítve) megoldhatók egyszerűen a kurzor egér segítségével történő mozgatásával is.

Ma már a legnagyobb, természettudományos tankönyveket kiadó vállalatok mindegyike rendelkezik valamilyen formában a tankönyvcsaládjaikhoz kapcsolódó, és/vagy azoktól függetlenül (pl. CD-ken, DVD-ken) kiadott digitális tananyagcsomagokkal [3, 4, 5, 6]. Ezek jellemzőiről e cikkben hely hiányában nem írok. Azonban azon kollégáknak, akik ilyeneket az eddigiekben nem használtak, érdemes ezekről annál a tankönyvkiadónál tájékozódni, amelynek a tankönyveiből tanítanak. Ugyanis a kiadók esetenként már egy darab vagy egy

osztálynyi tankönyv megrendelésekor is különféle jogosultságokat biztosítanak a kész digitális tananyagaik vagy azok egy részének, ill. bizonyos funkcióiknak a használatához. Érdekes (de a kiadók és az interaktív táblákat árusító cégek szempontjából érthető), hogy az interaktív feladatok készítését lehetővé tévő szoftverek (vagy azok legutolsó előtti verziói) általában ingyen hozzáférhetők. Ennek az az oka, hogy a szoftverek által felajánlott sémák feltöltése jó minőségű szakmai tartalommal nagyon időigényes, nagy türelmet és komoly szakértelmet igénylő munka, amelynek elvégzéséért alapesetben komoly pénzeket kell kifizetni. Ezért ezek a vállalatok arra biztatják a tanárokat, hogy az ő szoftvereik használatával készített interaktív feladatokat (ingyen) az ő honlapjukon keresztül osszák meg egymással. Ez egyfelől csökkenti az egyes tanárok munkaterheit, másfelől pedig nyilván növelheti a honlap látogatottságát (és esetleg az eladott termékek mennyiségét is). Ezért ezek a vállalatok időnként pályázatokat, versenyeket is kiírnak a digitális tananyagokat készítő kollégák számára.

Érdemes azonban megvizsgálni, hogy milyen típusú, az interneten ingyenesen elérhető digitális tartalmak használhatók a kémia tanításához. Kényelmi szempontból kétségtelenül a magyar nyelven szabadon hozzáférhető két nagy digitális tananyagcsomag, az idén megújult *Sulinet Tudásbázis* [7] és a *Realika* [8] használata a leginkább magától értetődő. Ezek közül a Sulinet Tudásbázis általános, szervetlen és szerves kémiai tananyagot is tartalmaz (igaz, gyakran inkább az érdeklődő, versenyre készülő diákok otthoni felkészülését segítő mennyiségű és szintű szövegeket megjelenítve). Találhatók azonban benne tevékenységek és kémiai feladatok is. Elérhetők az *Intel Skool* nemzetközileg ismert tananyag-adatbázisból származó animációk és tesztek. Természetesen vannak „*hotspot*”-ok, amelyekre kattintva kísérletek videói, feladatok, grafikonok, játékok töltődnek le. Hasznosak a *Sunflower Learning* szimulációk is. A Sulinet Tudásbázis 2012. közösségben pedig a szűkebb érdeklődési körök szerinti csoportok is alakíthatók, amelyeken keresztül a tanárok hírekkel, tapasztalatcserével, kész fájlok megosztásával segíthetik egymás munkáját. Az Educatio Digitális Eszköztár („EDE”) viszont olyan szoftvereket tesz a tanárok számára ingyenesen elérhetővé, mint a több mint 100 természettudományos kísérlettel kapcsolatos videofelvételeket és animációkat tartalmazó *Lab@Home* és a 2000 objektumnál is többet felajánló *Test@Home Science* tematikus tesztfeladat-gyűjtemény. A méltán egyre népszerűbb Realika főként az általános és a szervetlen kémia tanításához használható. Nagyon sok (és általában kitűnő minőségű) rövid kisfilmet, animációt, szimulációt és interaktív feladatot tartalmaz. A tanulói verziók otthoni gyakorlásra is jók, mivel biztosított a tesztfeladatok megoldásának azonnali statisztikus értékelése. Hálózatépítés céljából elérhető egy olyan felület, ahova a pedagógusnak lehetősége van

különböző elemek beillesztésére. Része továbbá egy oktatási tartalomkezelő rendszer (*Learning Management System, LMS*), amelyben ingyenes regisztrációt követően nyomon követhető a diákok munkája. A fenntartást végző EDUCATIO Társadalmi Szolgáltató Nonprofit Kft. munkatársai igyekeznek javítgatni mind a Sulinet Tudásbázisban, mind a Realikában itt-ott előforduló hibákat.

Több kolléga önkéntes és áldozatos munkájának köszönhetően néhány más, (részben) magyar nyelven szabadon hozzáférhető digitális tananyag is létezik [9, 10]. Az angol nyelven elérhetők száma azonban (a megismerésükre rendelkezésünkre álló időt tekintve) szinte végtelen. Ezek közül ki kell emelni az angliai *Royal Society of Chemistry* [11] és az *American Chemical Society* [12] által fenntartott, sokféle oktatási segédanyagot tartalmazó honlapokat és az ausztráliai (részben ingyenes) „*AUS-eTUTE*” honlapot [13]. Nagyon sok más felsőoktatási intézmény, kutatóintézet és vállalat is szolgáltat azonban ingyenesen vagy részben ingyenesen különféle, a kémiaoktatáshoz jól használható digitális tartalmakat és szoftvereket. Például a „*Teachers' Domain*” [14] szimulációi közül az én kedvencem a gázok állapothatározói közötti összefüggéseket bemutató „*Gas properties*”, míg a Colorado-i Egyetem által fenntartott „*Classroom Aid*” [15] szimulációi közül nagyon tetszik a két- és háromatomos molekulák polaritását modellező „*Molecule polarity*”. A valódi kísérletek és labormunka előkészítésére, illetve kiegészítésére használhatók a virtuális laborok, mint például a „*The Chem Collective*”, „*Virtual Lab*”-ja [16]. Manapság már a szemléltetés elmaradhatatlan eszközei a 3D-s (különféle módon megjeleníthető és forgatható) virtuális molekulamodellek [17,18], valamint a (részben már magyar nyelvre is lefordított, s akár az atompályák feltöltődését is mutató) interaktív periódusos rendszerek [19]. A kémiatanár természetes vadászterületének számít a *YouTube* videómegosztó portál is, melynek segítségével számtalan látványos és/vagy iskolában nehezen megvalósítható [pl. 20, 21, 22] kísérletet mutathatunk be (vagy ajánlhatunk diákjainknak otthoni megnézésre (akár anélkül, hogy ehhez bármilyen nyelvtudásra lenne szükségük). Lelkes egyetemi oktatók és tudományos ismeretterjesztést végző szakemberek persze nálunk is akadnak, így érdekes kísérletek magyar nyelvű honlapokon is találhatók [pl. 23, 24].

A felsorolás tehát hosszan folytatható lenne, de ízelítőnek és kedvcsinálónak talán ennyi is elég. Bővebb linkgyűjtemény az MKE kémiatanári honlapján lesz néhány héten belül elérhető.



**Irodalomjegyzék:**

- [1] Miklós Dóra: A kémia tanítását segítő digitális tananyagok rendszerezése és összehasonlító elemzése (Szakdolgozat, ELTE Kémiai Intézet, 2012)
- [2] <http://www.oh.gov.hu/tankonyvve-nyilvanitasi-utm-kiadok>
- [3] Apáczai Kiadó: <http://www.apaczai.hu>
- [4] Mozaik Tankönyvkiadó:  
<http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Mozaportal/index.php>
- [5] Műszaki Kiadó: <http://www.muszakikiado.hu>
- [6] Nemzeti Tankönyvkiadó <http://www.ntk.hu/index>
- [7] <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/kemia>
- [8] <http://realika.educatio.hu/>
- [9] <http://interaktiv-kemia.lap.hu/>
- [10] <http://www.keketok.hu/tantargyak/>
- [11] <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/listing?searchtext=&reference=teachers&fcategory=all&filter=all&fAudience=AUD00000001&MediaType=MED00000007>
- [12] [http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=PP\\_TRANSITIONMAIN&node\\_id=125&use\\_sec=false&sec\\_url\\_var=region1&\\_uuid=0693fae0-1325-442e-aa63-e38827172b44](http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_TRANSITIONMAIN&node_id=125&use_sec=false&sec_url_var=region1&_uuid=0693fae0-1325-442e-aa63-e38827172b44)
- [13] <http://www.asetute.com.au/>
- [14] [http://www.teachersdomain.org/search/?q=simulation&fq\\_grade=PK&fq\\_grade=PS](http://www.teachersdomain.org/search/?q=simulation&fq_grade=PK&fq_grade=PS)
- [15] <http://classroomaid.visibli.com/172417d2dc9ecdc1/?web=745874&dst=http%3A//phet.colorado.edu/index.php>
- [16] <http://chemcollective.org/vlab/vlab.php>
- [17] <http://www.worldofmolecules.com/3D/>
- [18] <http://www.nyu.edu/pages/mathmol/library/>
- [19] [www.ptable.com](http://www.ptable.com)
- [20] <http://www.youtube.com/watch?v=TE2r0vjKXK0&list=PL7C20CCBD18DEDD6E&feature=plcp>
- [21] <http://www.youtube.com/watch?v=f2XQ97XHjVw&feature=plcp>
- [22] <http://www.youtube.com/watch?v=ICrMB8341rU&feature=related>
- [23] <http://vegyszer.chem.elte.hu/video/chemlab/index.html>
- [24] <http://www.szertar.com/>

(A honlapok utolsó megtekintésének időpontja 2012. dec. 12.)

Dr. Szalay Luca  
ELTE Kémiai Intézet  
[luca@chem.elte.hu](mailto:luca@chem.elte.hu)

## NAPRAKÉSZ



### Átadták a Rátz Tanár Úr Életműdíjakat

2012. november 21-én a Magyar Tudományos Akadémián 12. alkalommal adták át a Rátz Tanár Úr Életműdíjakat. Az Ericsson, a Graphisoft és a Richter Gedeon Nyrt. által létrehozott *Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért* 2001 óta ítéli oda a Rátz Tanár Úr Életműdíjat, amely mára a hazai természettudományos oktatás, és egyben a közoktatás egyik legrangosabb elismerése lett.

A díjat évente két-két, a közoktatás 5-12. évfolyamán biológiát, matematikát, fizikát és kémiát tanító (vagy egykor tanító) tanárnak ítélik oda, akik kimagasló szerepet töltenek be tárgyuk népszerűsítésében és a fiatal tehetségek gondozásában. A három vállalat ezzel a díjjal járul hozzá a magyarországi természettudományos oktatásban végzett tanári munka rangjának, erkölcsi és anyagi megbecsülésének növeléséhez.

„Hogy ne csak a világhírű tudósok, hanem tanáraik nevét is ismerjük...” – így szól a Rátz Tanár Úr Életműdíj mottója. Mikor világhírű, magyar származású tudósainkkal büszkélkedünk, kevés szó esik tanáraikról. Rátz tanár úr a legendás Fasori Gimnázium tanára volt, és többek között Neumann Jánost és Wigner Jenőt is tanította. Az alapítvány az ő nevét választotta, hogy adózzon nagy múltú és kiváló oktatási kultúránk előtt, és méltányolja azon pedagógusainkat, akik ma is áldozatos szakmai munkájukkal és kiemelkedő eredménnyel képzik a jövő tehetségeit.

#### 2012 díjazottjai

**Dr. Kovács László** (fizika) – Nagykanizsa, Batthyány Lajos Gimnázium

**Ősz György** (fizika) – Ács, Jókai Mór Általános Iskola

**Pogács Ferenc** (matematika) – Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium

**Róka Sándor** (matematika) –Nyíregyházi Főiskola

**Dr. Harka Ákos** (biológia) – Tiszafüred, Kossuth Lajos Gimnázium

**Dr. Borhidi Attiláné** (biológia) – Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium

**Dr. Forgács József** (kémia) – Debrecen, Vegyipari Szakközépiskola

**Prókai Szilveszter** (kémia) – Szeged, Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium

### A díjazott kémiatanárok rövid életrajza

**Dr. Forgács József** 1962 júniusában végzett okleveles vegyészként a Kossuth Lajos Tudományegyetemen. 1978 júniusában elvégezte a pedagógia szakot, majd 1984-ben doktori fokozatot szerzett. Egykori iskolájában, a debreceni Vegyipari Szakközépiskolában kezdte meg tanári pályáját, ahol egészen nyugdíjba vonulásáig az intézmény egyik legkiemelkedőbb pedagógusaként tevékenykedett.

Egész életét a tanítás, a tehetséges diákok oktatása, nevelése töltötte ki, amely a kiváló versenyeredményekben is megmutatkozott. Egykori tanítványai közül ma többen akadémikusok, vállalatvezetők, illetve a vegyipar meghatározó dolgozói. Tanári munkáját mindig magas szintű szakmai felkészültség és pedagógiai tudatosság jellemezte. A vegyipar fejlődését folyamatosan követte, és a gyakorlati oktatás vezetőjeként ehhez igazította az iskola laboratóriumainak fejlesztését. Munkájának köszönhetően az iskola laboratóriumi felszereltsége kiváló volt.

Az iskola megbízott igazgatójaként is tevékenykedett, mely munkája során precizitását, emberségét kollégái is érzékelték. Dr. Forgács József azon pedagógusok közé tartozik, akit munkaszeretete, pontossága, segítőkészsége és kiváló pedagógiai érzéke miatt nemcsak tanítványai, hanem kollégái is tisztelnek, szeretnek.

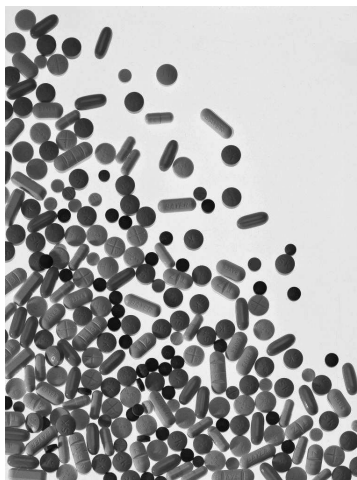
Szakmai munkásságához tartozik tantervek, vizsgáztatási követelmény-rendszerek tananyagtartalmainak kidolgozása, felvételi, verseny- és képesítő feladatsorok készítése, illetve szakértői és vizsgaelnöki feladatok ellátása is.

**Prókai Szilveszter** 35 éve kezdte pályafutását Makón a Juhász Gyula Szakközépiskolában. 1978-tól Szegeden a Fodor József Szakközépiskolában tanított, majd 1989-ben kezdett a szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnáziumban tanítani. Döntő szerepet játszott a Radnótiban az országosan egyedülálló biokémia tagozat kémia tantervének kialakításában. Vezetésével több mint 10 éve olyan kémia munkaközösség dolgozik, amely az ország egyik legeredményesebb kémiai tehetséggondozó programját működteti. Döntő szerepe van abban, hogy a kémia iránt érdeklődő diákok mindegyike megtalálja a

maga számára a legmegfelelőbb formát tehetségének kibontakoztatásában. Minden évben heti 8-10 szakköri órát tart, diákjai több mint egy évtizede egyetlen évben sem hiányoztak az Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny és az OKTV döntőjéből, valamint rendszeresen részt vesznek rangos nemzetközi versenyeken is. Prókai tanár úr jelentős szerepet játszott az új típusú érettségi lebonyolításában és a vizsgarendszer meghonosításában az érettségi mindkét szintjén. Tagja a tételkészítő bizottságnak, és gyakran a feladatsor ellenőrzési feladatait is ő végzi.

## Bayer: Tudomány egy jobb életért

A Bayer a világ szinte minden táján ismert nemzetközi nagyvállalat. Az emberiség életét leginkább meghatározó területeken – mint például az egészségvédelem, a növényvédelem, vagy a polimer alapú ipari anyagok – folytat sikeres kutatásokat.



A **Bayer egészségügyi üzletágának** központja Németországban, Leverkuszenben található. Az itt dolgozó kollégák olyan új termékek után kutatnak, amelyek különböző betegségek megelőzésére, felismerésére vagy kezelésére alkalmasak.

A **Bayer növényvédelmi ágazatának** központja szintén Németországban, Monheimben található. Ez a terület napjainkban világelső a növényvédelem, a kártevőirtás, a növény- és vetőmag-nemesítés kutatása terén.



A **Bayer anyagtudományi ága**, a világ vezető polimer alapú ipari alapanyagok gyártóinak egyike. A polikarbonát és poliuretán alapanyagok kutatása, fejlesztése mellett, új megoldásokat kínál a festékek, lakkok, vagy ragasztók területén is. Termékeinek legnagyobb felhasználói az autóipar, az építőipar, az elektronika, a sport és szabadidős termékek

gyártói, de ide sorolhatók a csomagolóipar és az egészségügyi berendezések fejlesztői is.

Világszerte elismert, nemzetközi vállalat lévén a Bayer tisztában van társadalmi felelősségével is. Klímavédelmi beruházásai mellett a világon több mint háromszáz szociális jellegű projektet támogat. A Bayer vállalati filozófiájának és stratégiájának alapja a fenntartható fejlődésre való törekvés.

A Bayer vállalat értékeit, küldetését egy mondatban a következőképp foglalhatjuk össze:

*„Tudomány egy jobb életért”*



## **A szám szerzői**

**Babinszki Bence** BSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Horváth Judit** kutató, Centre de Recherche Paul Pascal, CNRS, Bordeaux

**Kalydi György** középiskolai tanár, Krúdy Gyula Gimnázium, Győr

**Kóczán György** vegyész, Budapest

**Koltai András** BSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Lente Gábor** docens, DE TTK, Kémiai Intézet

**MacLean Ildikó** középiskolai tanár, BME Két Tanítási Nyelvű Gimnázium,  
Budapest

**Dr. Magyarfalvi Gábor** adjunktus, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Ősz Katalin** adjunktus, DE TTK, Kémiai Intézet

**Pós Eszter Sarolta** BSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Róka András** docens, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Sarka János** MSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Szalay Luca** adjunktus, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Turányi Tamás**, egyetemi tanár, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Dr. Varga Szilárd** tudományos munkatárs, MTA Természettudományi  
Kutatóközpont, Budapest

**Vörös Tamás** MSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet

**Zagyi Péter** középiskolai tanár, Németh László Gimnázium, Budapest

**Zwillinger Márton** BSc-hallgató, ELTE TTK, Kémiai Intézet





# Bayer

A felfedezés öröme. A tanulás élvezete. A tudomány és a technika varázslatának megértése. Innovatív, kutató vállalként a Bayer szeretné átadni a tudomány és a kutatás iránti szenvedélyét a fiataloknak.

Bayer: Science For A Better Life.

